

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

im Jahre 1891.

Zehnter Jahrgang.

Herausgegeben

von

Arthur König.

Berlin.
Druck und Verlag von Georg Reimer.
1892.

Inhaltsverzeichniss*).

*) Ueber die mit einem * versehenen Vorträge ist kein Referat gegeben.

// Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. Sitzung vom 9. Januar 1891. Nr. 1.
Ausgegeben am 7. Februar 1891.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **O. Liebreich** sprach unter Vorführung zahlreicher Experimente

über hydraulische Versuche zur Erklärung des todten Raumes bei chemischen Reactionen.

Aus den früheren Untersuchungen über den todten Raum bei chemischen Reactionen*) hatte sich ergeben, dass derselbe in der Nähe der Oberfläche einer Flüssigkeit, und in der Nähe der festen Wand sich zeige. Die verschiedenen Formen desselben wurden in Kolben, Prismen, in den Menisken von Flüssigkeiten, welche durch Glaswände gehoben waren, ferner in der Umgebung von Luftblasen sowie in Capillaren beobachtet. In Röhren zeigte sich ein centraler Faden und in durch Kugeln unterbrochenen Glasröhren konnte die Reaction zuerst in dem Centrum der Kugel beobachtet werden. In Tropfen, welche sich zwischen Uhrgläsern befanden, die ihre convexen Seiten einander zukehrten, trat der todte Raum sowohl in der Nähe der Oberfläche als im Centrum ein.

Die Verschiedenheit der Formen, welche durch besondere Versuchsanordnungen hervorgerufen wurden, bot die Gelegenheit, den

*) Tageblatt der 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Sitzungsberichte der königlich preuss. Akad. der Wissenschaften 1886, S. 959; Verhandl. d. physikalischen Gesellschaft zu Berlin 1886, Nr. 15; Sitzungsberichte d. königl. preuss. Akad. d. Wissenschaften 1889, S. 169; und Zeitschrift für physikalische Chemie Bd. 6, S. 529.



Charakter des todten Raumes kennen zu lernen; es dienten die Versuche ferner dazu, Verdampfung und Senkungserscheinungen als Ursache auszuschliessen, ebenso wurde in einigen Fällen durch Anwendung von Gefässen aus Bergkrystall die Alkalinität des Glases als etwaige Ursache der Erscheinung ausgeschlossen. Am Schluss dieser Abhandlung wurde durch Wachsschwimmer deren specifisches Gewicht, etwas kleiner als das des Wassers, demselben aber sehr nahe kam, der Widerstand der Flüssigkeitsoberfläche nachgewiesen, dieselbe Erscheinung konnte auch mit Hülfe von Glasschwimmern hervorgebracht werden*). Um für alle möglichen Flüssigkeiten diesen Nachweis führen zu können, wurde ein auf dem Princip des Cartesianischen Tauchers beruhender Apparat construirt. Es wurden Schwefelsäure, Natronlauge, Alkohol, Isobutylalkohol, Terpentinöl, Schwefelkohlenstoff etc. benutzt. Ueberall zeigte sich das Phänomen des Widerstandes der Flüssigkeitsoberfläche, die wie eine feste Wand wirkte. Um jedoch diese Erscheinungen an Oberflächen sichtbar zu machen, welche keine ausgedehnten horizontalen Theile besitzen, wurde ein Verfahren eingeschlagen, dem ein von Baco von Verulam und Galilei angegebener Diffusionsversuch zu Grunde liegt, nämlich durch Hähne abgesperrte Flüssigkeiten nach Oeffnung derselben in ihrem specifischen Gewicht sich ausgleichen zu lassen, wobei die Erhaltung des Niveaus bestehen bleibt. Um die zu schnelle Mischung der Flüssigkeiten durch Diffusion und Strömung zu verhindern, wurden solche mit grossen Coefficienten der inneren Reibung und geringer Differenz ihrer specifischen Gewichte benutzt. Es kamen zur Anwendung Glycerinlösungen, deren eine und zwar die leichtere durch Azorubin roth gefärbt war, ferner Zink- und Magnesialösungen, von denen die eine ein Eisenoxydsalz, die andre gelbes Blutlaugensalz enthielt, so dass die Grenzlinien beider Strömungen durch Bildung blauer Farben erkannt werden konnten. Mit diesen Lösungen wurde, und zwar die schwerere nach unten, ein vertical stehendes,

---

*) Vergl. über diesen und die folgenden Versuche: Dritte Abhandlung über den todten Raum bei chemischen Reactionen, Sitzungsberichte der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin 1890, S. 1239.



oben geschlossenes Rohr gefüllt, indem durch eine kleine Hebevorrichtung die in einem Troge befindliche gefärbte Lösung der untern Oeffnung des Rohrs genähert wurde. Es stieg hier die gefärbte Flüssigkeit in einem regelmässigen centralen Faden auf, während die farblose Flüssigkeit an der Wand herabströmte. Bei genauem Arbeiten sammelt sich die farblose Flüssigkeit fast ungefärbt am Boden an. Ist das Rohr oben erweitert, so sieht man, wie der aufsteigende Strom sich etwa einen halben Millimeter unter der Oberfläche auszubreiten beginnt, dieselbe ganz allmählich erreicht und sich dann längs der gekrümmten Theile derselben, ohne sie jedoch zu berühren, hinaufzieht. Analoge Erscheinungen in gleicher Regelmässigkeit wurden bei verschiedenen Modificationen der Versuchsanordnung beobachtet. Die gefärbte Flüssigkeit befand sich in einem durch zwei Hähne geschlossenen Rohr, auf welches Prismen von verschiedenem Winkel aufgesetzt werden konnten. Es zeigte sich, dass die gefärbte Flüssigkeit mit verlangsamter Geschwindigkeit in den Winkel eintrat und von der Oberfläche entfernt blieb, und ebenso nicht den ganzen Winkel zwischen den Glaswänden ausfüllte, während das übrige Prisma schon vollständig mit der gefärbten Flüssigkeit gefüllt war. Wurde das Prisma so gestellt, dass in dem Kantenwinkel eine Luftblase abgesperrt werden konnte, so strömte die Flüssigkeit zwischen Luftblase und Wand. Noch deutlicher war die Erscheinung zwischen zwei plancylindrischen Gläsern. Hier blieb der engste Raum der gehobenen Flüssigkeitsmasse am längsten frei, ebenso der Raum unmittelbar an der freien Oberfläche. Ganz dieselben Resultate ergab ein Versuch, bei dem die plancylindrischen Gläser durch Glaslinsen ersetzt wurden.

Diese hydraulischen Versuche zeigen, dass eine feste Wand sowie die Flüssigkeitsoberfläche, welche ebenfalls als solche wirkt, infolge von Flüssigkeitsreibung der Bewegung einen grossen Widerstand darbietet. Diese Wirkung ist ganz derjenigen analog, welche die schwere Verschiebbarkeit der Theile einer Flüssigkeit in einem Capillarrohr veranlasst. Der todte Raum bei chemischen Reactionen zeichnet durch seine Form die Grenzen dieses vermehrten Widerstandes auf, oder wenigstens eine denselben parallele Linie. Die

hydraulischen Versuche zeigen in ihrer äusseren Form mit ersterem grosse Analogieen, und somit erscheint es mir keine gewagte Hypothese, dass beiden Erscheinungen dieselbe Ursache zu Grunde liegt. Ich nehme also an, dass auch die Beweglichkeit der chemischen Molecüle durch den Widerstand des Lösungsmittels verringert wird, und zwar gerade da, wo die Beweglichkeit der Theile des letzteren selbst geringer wird, und dass infolge dessen dort die chemische Reaction eine Verzögerung erleidet, die bei den uns zur Verfügung stehenden Beobachtungszeiten selbst einem gänzlichen Nichteintreten derselben scheinbar gleichkommen kann. Weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand hoffe ich folgen lassen zu können.

Druck von Georg Reimer in Berlin.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 23. Januar 1891.** Nr. 2.
Ausgegeben am 23. Februar 1891.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr **R. Börnstein** sprach über

eine Beziehung zwischen dem Luftdruck und dem Stundenwinkel des Mondes.

Mit der nachfolgend dargestellten Untersuchung sollte ursprünglich ein Beitrag zur Beantwortung der Frage geliefert werden, ob es möglich sei, das Vorhandensein atmosphärischer Gezeiten im Gange des Luftdrucks an Beobachtungsorten mittlerer geographischer Breite zu erkennen. Wenn auch solche Bestrebungen schon mehrfach verfolgt wurden, und bisher kein Nachweis einer atmosphärischen Fluth und Ebbe gelungen ist, hielt ich es doch nicht für aussichtslos, bei einer erneuten Untersuchung das reiche Beobachtungsmaterial zu verwenden, welches neuerdings von den selbstregistrirenden Barographen geliefert wird, und dessen Bearbeitung eine grössere Sicherheit des (positiven oder negativen) Ergebnisses versprach, als die früheren auf erheblich geringerem Material beruhenden Forschungen aufweisen konnten.

Es lassen sich diese bisherigen Untersuchungen in drei Gruppen scheiden. Die Arbeiten der ersten Gruppen zeigen überhaupt keine deutlich ausgesprochene Beziehung zwischen Mondstunde und Barometerstand. Hierher gehören die Arbeiten von KREIL[1]) und von EISENLOHR[2]). Der Erstere benutzte gegen 8000 während eines

[1]) KREIL, Abh. d. Kgl. böhm. Ges. d. Wiss. (5) II, Abh. p. 33-43. 1841/42.
[2]) EISENLOHR, POGG. ANN. LX, p. 161-212. 1843. Die Zahlenergebnisse

Jahres in Prag abgelesene Barometerstände und fand im Jahresdurchschnitt Zahlen für den Luftdruck der einzelnen Mondstunden, welche keine Gesetzmässigkeit erkennen lassen. Eisenlohr unterwarf 32144 Barometerablesungen, die in 22 Jahren zu Paris von Bouvard gewonnen waren, der Berechnung und fand gleichfalls im Gesammtdurchschnitt Luftdruckwerthe für die Mondstunden, aus denen irgend eine allgemeine Beziehung nicht hervorgeht. Bemerkenswerth sind lediglich die Eintrittszeiten der Extreme (Maximum 4^p, Minimum 7^a Mondzeit), welche mit meinen unten folgenden Ergebnissen übereinstimmen, sowie die Aeusserung, es sei „eher eine einfache als eine doppelte Periode zu erkennen“.

Eine zweite Gruppe von Arbeiten ergab während des Mondtages eine Doppelschwankung des Luftdrucks, deren Form sehr wohl vereinbar mit der Annahme ist, dass man es hier mit atmosphärischen Gezeiten zu thun habe. Es sind dies die Arbeiten von Sabine[1]), Elliott[2]), Neumayer[3]) und Bergsma[4]), welche sich auf stündliche (theilweise nur zweistündliche) Barometerablesungen in S. Helena, Singapore, Melbourne und Batavia gründen und Beobachtungsreihen von resp. 4½, 5, 5 und 15 Jahren benutzten. Diesen Arbeiten gemeinsam ist die Lage des Beobachtungsortes am Meere sowie der Nachweis zweier Luftdruckmaxima, welche ungefähr mit den beiden Mondculminationen zusammenfallen, und zweier Minima in den Zwischenzeiten, entsprechend also dem zweimaligen Auftreten von Fluth und Ebbe während des Mondtages. Dennoch kann man an solche directe Wirkung des Mondes auf die Vertheilung der Luft hier nicht denken, weil die beobachteten Schwankungen dafür viel zu gross sind. Setzt man nämlich die Masse des Mondes gleich $\frac{1}{88}$ der Erdmasse, den mittlern Abstand des

---

dieser sowie der meisten hier citirten Arbeiten findet man in van Bebber, Handbuch der ausübenden Witterungskunde, Stuttgart 1885, Bd. I, p. 119.

[1]) Sabine, Phil. Trans. London 1847, I, p. 45-50.

[2]) Elliott, Phil. Trans. London 1852, I, p. 125-129.

[3]) Neumayer, Proc. Roy. Soc. London XV, p. 489-501. 1866/67; Referate Oest. ZS. f. Met. IV, p. 606-607, 1869 u. Naturf. I, p. 192. 1868.

[4]) Bergsma, Versl. en Mededeel. d. Kon. Akad. van Wetensch. Afdeel. Natuurk. (2) V, p. 7-16. Amsterdam 1871; Magnet. and Meteor. Obs. Batavia I. 1871; III, 1878; V, 1882; Referat Oest. ZS. f. Met. XV, 140-146. 1880.

Mondes von der Erde gleich $60\frac{1}{4}$ Erdradien und den Erdradius gleich 6370 Kilometer, so ist unter dem im Zenith culminirenden Mond die Schwere um etwa ein Zehnmilliontel ihres Werthes kleiner, und die Niveauflächen an der Erdoberfläche liegen um etwa 0,6 m höher, als wenn der Mond im Horizont steht. Dem entspräche ein Unterschied im Luftdruck, der dem Gewicht einer Luftschicht von 0,6 m Dicke am Boden gleichkäme und daher etwa 0,06 mm Quecksilberdruck betrüge, wenn die Luft in reibungsloser und unverzögerter Bewegung dem Mond derartig folgen könnte, dass ihre Vertheilung in jedem Augenblick den jeweiligen Niveauflächen entspräche. Weil aber weder die Luft frei von Bewegungshindernissen ist, noch der Mond stets im Zenith und Nadir culminirt, so müssen die atmosphärische Fluth und Ebbe einen noch viel geringern Höhenunterschied haben, als 0,06 mm. Die vorerwähnten, auf Insel- und Küstenstationen angestellten Beobachtungen zeigen aber Schwankungen, deren Beträge zwischen 0,07 und 0,2 mm liegen, und also muss ihr Ursprung ein anderer sein. Es liegt nahe, denselben in einer von Laplace[1]) vermutheten Einwirkung des Meeres zu suchen, insofern die in den Meeresgezeiten auftretenden periodischen Hebungen und Senkungen des Oceans als der beweglichen Basis der Atmosphäre einen merkbaren Einfluss auf den Gang des Luftdrucks in dem Sinne ausüben können, wie es jene Beobachtungen anzeigen. Eine Beziehung der Barometerschwankungen zur Hafenzeit der Beobachtungsorte sucht man freilich vergebens; da aber die Hafenzeit von der Küstenform und der Lage der Beobachtungsstation bedingt wird, während die über dem Meer entstehende Druckschwankung hiervon kaum abhängen dürfte, so kann die Unabhängigkeit des Barometerganges von der Hafenzeit nicht auffällig erscheinen. Und auch in der zweiten Gruppe der Untersuchungen über die Mondwirkung ist demnach keine directe Beziehung zwischen Mondstunde und Luftdruck nachgewiesen.

Die der dritten Gruppe angehörigen Arbeiten hatten ursprünglich den Zweck, über eine etwaige Beziehung zwischen Mondphase und

---

[1]) Laplace, Traité de Mécanique céleste V, p. 163. 1825; Ann. d. chim. (2) XXIV, p. 281. 1823; Pogg. Ann. XIII, p. 138, 1828.



Luftdruck Auskunft zu geben. Von den vielen in diesem Sinne unternommenen Untersuchungen kann man diejenigen aussondern, welchen Barometerablesungen zu Grunde liegen, die einmal täglich zu gleichbleibender Stunde unternommen wurden. Der nach Sonnenzeit unveränderte Ablesetermin rückte während einer Lunation durch sämmtliche Mondstunden hindurch, und es musste, wenn man für die einzelnen Phasen die Mittelwerthe aus vielen Lunationen berechnete, jeder derselben zugleich auch für diejenige Mondstunde gelten, auf welche die Ablesestunde zur Zeit der betreffenden Phase fiel. In solcher Weise kann man die Zahlen deuten, welche angegeben werden von Flaugergues[1]) für Viviers (6939 Ablesungen in 19 Jahren), von Boussingault[2]) für Santa Fé de Bogota (365 Beobachtungen in 1 Jahre) und von Mädler[3]) für Berlin (etwa 5400 Ablesungen in 15 Jahren). Die Ergebnisse sammt den zugehörigen Mondstunden sind in der folgenden Tabelle als Abweichungen des Luftdrucks vom Mittelwerth zusammengestellt.

Mondstunde.	Viviers.	S. Fé de Bogota.	Berlin.
Ob. Culmination	— 0.05 mm		+ **0.40** mm
3^p	+ .04	+ **0.23** mm	
6^p	+ **.88**		+ .01
9^p	+ .26	+ .03	
Unt. Culmination	— .11		— *.25**
3^a	— *.79**	— *.37**	
6^a	— .07		— .16
9^a	— .07	+ .12	

Diese Zahlen enthalten keine Spur einer Doppelschwankung, wie sie dem Auftreten von Fluth und Ebbe entsprechen müsste; dagegen ist eine einmalige Schwankung deutlich erkennbar, freilich von einem Betrage, der höher ist, als in denjenigen Zahlen, welche ich als Ergebnisse meiner Untersuchung nunmehr folgen lasse.

Ich benutzte die Angaben der Registrirapparate zu Berlin (landwirthschaftliche Hochschule), Hamburg (Seewarte), Wien (Hohe Warte) und Keitum auf Sylt (Station der Seewarte). An den drei

[1]) Flaugergues, Bibl. univ. Genève XXXVI, p. 264-269. 1827; Auszug Pogg. Ann. XII, p. 308-315. 1828.

[2]) Boussingault, s. Beer u. Mädler, Der Mond. Berlin, Simon Schropp. 1837, p. 161.

[3]) Mädler, ebenda p. 154-168.



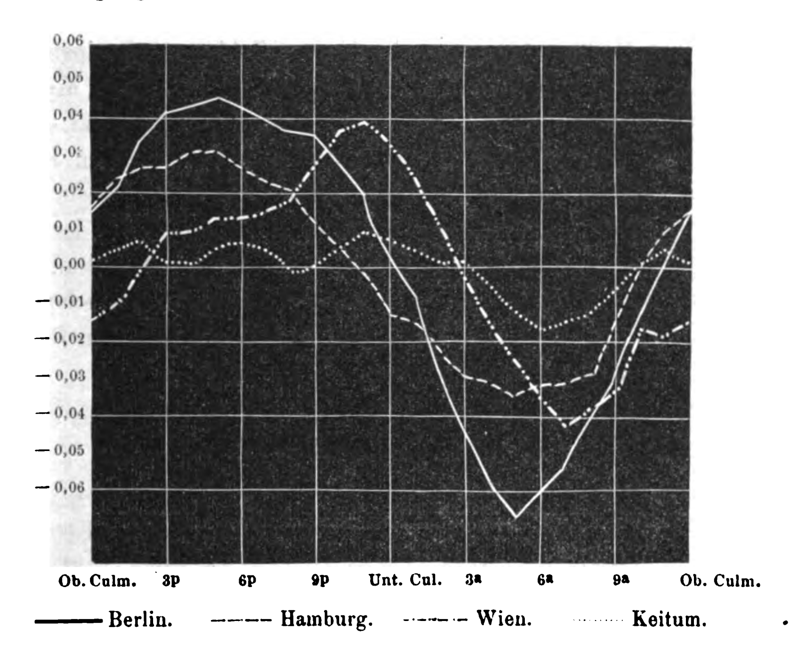
erstgenannten Orten befinden sich Barographen des Systems SPRUNG-FUESS, in Keitum ein älterer Gewichtsbarograph von FUESS. Aus den von diesen Apparaten angegebenen Luftdruckwerthen aller vollen Stunden (nach Sonnenzeit) berechnete ich durch geradlinige Interpolation die Werthe, welche den Zeitpunkten der vollen Mondstunden entsprachen, nachdem ich diese durch Eintheilung der zwischen je zwei oberen Mondculminationen liegenden Zeit in 24 gleiche Theile gewonnen hatte. Solche Einzelwerthe des Luftdrucks wurden für Berlin, Hamburg und Wien je 42432 aus den 5 Jahren 1884 bis 1888, für Keitum 84912 aus den 10 Jahren 1878 bis 1887 berechnet, und diese zu Mittelwerthen für jede Mondstunde vereinigt. Bei dieser Berechnung verschwand aus den Ergebnissen die Wirkung des täglichen Barometerganges, weil eine jede Mondstunde während jeder Lunation nacheinander auf 28 (resp. 29) verschiedene äquidistante Zeitpunkte des Sonnentages fiel, und also bei der Mittelbildung für die einzelne Mondstunde die Luftdruckwerthe aller Sonnenstunden vereinigt und gegen einander ausgeglichen wurden. Die folgende Tabelle enthält die Gesammtmittel der Rechnung für die vier genannten Beobachtungsorte, dargestellt durch Abweichungen des Luftdrucks vom Mittelwerth. In der Figur sind dieselben Zahlen graphisch zur Anschauung gebracht. Dabei ist jedes Ausgleichen, Mittelziehen oder sonstiges Vereinigen benachbarter Zahlen unterblieben, und ausschliesslich die wirklich berechneten Mittelwerthe ohne jeden Versuch eines Ausgleichs wurden zur Darstellung benutzt.

Mondstunde.	**Berlin**	**Hamburg**	**Wien**	**Keitum**
Ob. Culmin.	+0.0146 mm	+0.0158 mm	−0.0142 mm	+0.0009 mm
1p	+ .0217	+ .0237	− .0107	+ .0047
2p	+ .0342	+ .0262	− .0003	+ .0066
3p	+ .0416	+ .0272	+ .0084	+ .0016
4p	+ .0430	+ **.0311**	+ .0097	+ .0004
5p	+ **.0452**	+ .0307	+ .0135	+ .0052
6p	+ .0431	+ .0266	+ .0132	+ .0063
7p	+ .0401	+ .0227	+ .0154	+ .0046
8p	+ .0366	+ .0206	+ .0179	− .0007
9p	+ .0350	+ .0116	+ .0278	+ .0031
10p	+ .0262	+ .0050	+ .0373	+ .0055
11p	+ .0181	− .0018	+ **.0394**	+ **.0097**

Mondstunde.	**Berlin**	**Hamburg**	**Wien**	**Keitum**
Unt. Culm.	+ .0096	— .0136	+ .0332	+ .0076
1ª	— .0085	— .0150	+ .0233	+ .0041
2ª	— .0315	— .0223	+ .0108	+ .0012
3ª	— .0447	— .0295	— .0022	+ .0008
4ª	— .0582	— .0310	— .0152	— .0051
5ª	— *.0675**	— *.0342**	— .0245	— .0119
6ª	— .0604	— .0311	— .0342	— *.0164**
7ª	— .0530	— .0312	— *.0421**	— .0145
8ª	— .0403	— .0290	— .0384	— .0121
9ª	— .0300	— .0141	— .0323	— .0068
10ª	— .0138	+ .0013	— .0166	+ .0011
11ª	+ .0014	+ .0101	— .0181	+ .0043

Man erkennt in den Angaben für Berlin, Hamburg und Wien ganz deutlich das Vorhandensein einer während des Mondtages stattfindenden einmaligen Schwankung des Luftdrucks; in Keitum gleicht die zweite Hälfte der Curve (von der untern zur obern Mondculmination) den drei anderen Darstellungen, während in der ersten Hälfte das in den anderen Curven erkennbare Maximum nur angedeutet und zwischen zwei secundäre Minima eingeschlossen erscheint. Da die Beobachtungsstation Keitum auf dem zum Lande gerichteten Ufer der Insel Sylt am Wattenmeer liegt, so wird eine erhebliche Wirkung der Meeresgezeiten auf den dortigen Luftdruck nicht erwartet werden dürfen. Will man sie aber als möglich ansehen, so könnte allerdings die für Keitum gezeichnete Luftdruckcurve durch Uebereinanderlegung zweier Curven gedeutet werden, deren eine die einmalige Schwankung wie in Berlin, Hamburg und Wien darstellt (Maximum 5—6^p, Minimum 6^a), während die andere den Meeresgezeiten entspricht und zweimalige Schwankung enthält, wie z. B. in Batavia (Maxima mit oder bald nach den beiden Culminationen, Minima etwa 6^a und 6^p). Beiden gemeinsam würde das Hauptminimum der Curve von Keitum (6^a) sein; für die erste Hälfte der Curve fiele das Maximum der einfachen mit einem Minimum der Doppelschwankung zusammen, und man müsste das erstere höher und namentlich steiler als das Minimum denken, um die vorhandene Curve damit in Einklang zu bringen. Indessen dürften solche Betrachtungen ihren hypothetischen Charakter erst durch

Untersuchung einer sehr viel längern Beobachtungsreihe, als hier zur Verfügung stand, verlieren.



Die erlangten Zahlen für den mondtäglichen Gang des Luftdrucks können durch Functionen derjenigen Art dargestellt werden, wie sie Hann[1]) in Betreff des sonnentäglichen Ganges verwendet hat. Ist nämlich y die Abweichung des Luftdrucks vom Mittel, x der Stundenwinkel des Mondes (resp. der Sonne), so kann man Constanten a und A berechnen, welche der Gleichung genügen:

$$y = a_1 \sin(A_1 + x) + a_2 \sin(A_2 + 2x) + a_3 \sin(A_3 + 3x) + a_4 \sin(A_4 + 4x).$$

Darin gilt für obere Culmination der Werth $x = 0$, und die vier Glieder der rechten Seite bedeuten resp. eine ein-, zwei-, drei-, viermalige Schwankung des Luftdrucks während derjenigen Zeit (Mond- resp. Sonnentag), in welcher x von 0 bis 360° wächst; die Grössen a sind die Amplituden dieser übereinandergelagerten Schwankungen; durch die A wird die Eintrittszeit ihrer einzelnen Phasen

[1]) Hann, Denkschr. d. Akad. d. W. zu Wien, math.-phys. Cl. LV, 1889.

bestimmt. In der folgenden Tabelle sind einige derartige Constanten zusammengestellt; die Mondconstanten für Batavia habe ich von Bergsma (s. o.), die Sonnenconstanten für Batavia und Wien von Hann entnommen, die übrigen Zahlen aus meinem vorerwähnten Untersuchungsmaterial hergeleitet. Berechnet man aus diesen Formeln die 24 Stundenwerthe des Luftdrucks, so ergiebt deren Abweichung von den Beobachtungen einen mittlern Fehler, der 0,0003 mm für keine der von mir berechneten Formeln überschreitet. Man sieht, dass bei den Sonnenconstanten die der zweimaligen Schwankung a_2 und A_2 sich durch grosse Amplitude und gute Uebereinstimmung auszeichnen (wie durch Hann schon bekannt), während in den Mondconstanten überall ausser in Batavia die einmalige Schwankung durch ihre Grösse überwiegt.

Mond.

$x = 0$ für obere Culmination.

	Berlin	Hamburg	Wien	Keitum	Batavia
a_1	0.05275 mm	0.0325 mm	0.0319 mm	0.0074 mm	0.0071 mm
a_2	.00997	.0035	.0110	.0058	.0596
a_3	.00301	.0022	.0026	.0022	
a_4	.00038	.0012	.0038	.0012	
A_1	6° 22′	22° 0′	318° 11′	346° 23′	315° 51′
A_2	105 44	78 12	81 2	78 23	65 49
A_3	263 34	117 18	261 4	171 9	
A_4	38 33	161 7	189 52	162 7	

Sonne.

$x = 0$ für obere Culmination.

	Berlin	Hamburg	Wien	Keitum	Batavia
a_1	0.133 mm	0.029 mm	0.218 mm	0.132 mm	0.620 mm
a_2	.231	.207	.306	.156	.950
a_3	.035	.024	.030	.024	.040
a_4	.012	.009		.010	
A_1	164° 50′	211° 35′	179° 36′	355° 57′	105° 18′
A_2	140 2	137 38	141 24	120 10	159 54
A_3	165 14	169 2	201 12	177 55	193 42
A_4	223 32	257 0		253 50	

Als Ergebniss der vorstehenden Untersuchung dürfte anzusehen sein:



1. Für das Vorhandensein atmosphärischer Gezeiten ist ein Nachweis aus dem Gange des Luftdrucks nicht herzuleiten.

2. Der Luftdruck zeigt während des Mondtages eine einmalige Schwankung, deren Dasein in Berlin, Hamburg und Wien aus fünfjährigen Beobachtungen sicher hervorgeht; die zehnjährige Beobachtungsreihe von Keitum enthält eine Andeutung der nämlichen Schwankung und ausserdem andere Wirkungen, zu deren Erkennung eine noch längere Beobachtungsreihe erforderlich scheint. Es dürfte nicht völlig ausgeschlossen sein, dass diese letzteren Wirkungen auf Meeresgezeiten zurückzuführen sind.

Hr. **D. Kreichgauer** machte dann eine Mittheilung betreffend

Einige Versuche über die Schwere.

Der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Kräften hat sich, besonders durch die Entwicklung der Elektricitätslehre, bedeutend vielseitiger erwiesen, als man früher angenommen hatte. Fast jede Kraft ist entweder direkt, wie elektrische Kraft und Licht, oder mittelst der mit „Masse“ bezeichneten Kräftekombination, in fast jede andere in dem Vorgang der Arbeit umsetzbar. Am meisten fällt das in der Chemie in die Augen. Wir sehen, wie eine chemische Verbindung sich im allgemeinen zu irgend einer Kraft ganz verschieden verhält, wie die darin enthaltenen Grundstoffe. Nur zwei Kräfte machen eine Ausnahme, die Schwere und die Masse. Da hierüber ausschliesslich das Experiment entscheiden kann, so wurde schon oft und mit verschiedenen Mitteln eine Beziehung derselben zu den Affinitätskräften gesucht, aber vergebens. Die bekanntesten derartigen Versuche sind die von Newton, welche später mit viel vollkommeneren Mitteln und Methoden durch Bessel wiederholt wurden. Dieser fand, dass wenigstens bis auf $^1/_{100000}$ das Verhältniss der Masse eines Körpers zu seiner Anziehung durch die Erde konstant ist, unabhängig von der chemischen Natur desselben. Masse und Anziehung könnten sich nun in der Nähe dieser genannten Grenze proportional ändern, oder sie könnten unterhalb jener Grenze von einander unabhängig durch chemische

Kräfte beeinflusst werden, was gar nicht unwahrscheinlich ist, wenn man den neueren Hypothesen einiges Gewicht beilegt, nach denen die verschiedenen Körper nur ebensoviele verschiedene Bewegungsformen des einen Aethers darstellen. Von den beiden übrigen Wegen der Untersuchung ist der eine hauptsächlich von LAVOISIER eingeschlagen worden; ich hatte mir vor 6 Jahren die Aufgabe gestellt, den von LAVOISIER angestellten analoge Versuche wieder aufzunehmen.

Bei den ersten Versuchen befanden sich in zwei ziemlich gleichen zugeschmolzenen Glasgefässen ungefähr gleiche Mengen von essigsaurem Natrium in flüssigem (überkältetem) Zustande. Nach Vergleichung der beiden Gewichte auf einer guten OERTLING'schen Waage im Laboratorium des Hrn. Prof. PERNET, wurde in einem der Glasgefässe das Salz krystallisirt und dann wieder das Gewicht der beiden nach der von Hrn. Dr. THIESEN zur Vergleichung der internationalen Kilogramm-Prototype angegebenen Methode verglichen, und unter Berücksichtigung aller dort angebrachten Korrektionen reducirt. Auf Veranlassung des Hrn. Professor PRYM in Würzburg nahm ich später noch Hg und Br, und Hg und J. Diese Stoffe waren bei der ersten Messungsreihe getrennt, dann wurde in einem der zugeschmolzenen Gefässe A und B die chemische Verbindung veranlasst und wieder gewogen. Die Resultate sind in den folgenden Zahlen enthalten.

I. Quecksilber und Brom (ca. 160 g.)

Diff. der Vol. $A-B = 7{,}624$ cm³
Diff. der Gew. $A-B = 9{,}313$ mg
322
295

9,310 mg Mittel.

In A wird Hg und Br vereinigt.

Gewicht $A-B = 9{,}303$ mg
9,324

9,313 mg Mittel.

Volumen $A—B$ = 7,626 cm³
Gewicht $A—B$ = 9,352 mg
341
346
338

9,344 mg Mittel.

In B wird die Verbindung veranlasst.

Gewicht $A—B$ = 9,346 mg
318
336
343

9,336 mg Mittel.

Volumen $A—B$ = 7,604 cm³

II. Essigsaures Natron. (ca. 300 g).

Volumen $A—B$ = —2,687 cm³
Gewicht $A—B$ = —2,907 mg
—2,894
—2,889

—2,897 mg Mittel.

Das Salz wird im Gefäss A krystallisirt.

Gewicht $A—B$ = —2,908 mg
—2,899

—2,903 mg Mittel

Volumen $A—B$ = —2,697 cm³

III. Quecksilber und Jod. (ca. 170 g).

Volumen $A—B$ = 1,198 cm³
Gewicht $A—B$ = 1,477 mg
1,464
1,468

1,470

In B werden Hg und J gemischt.

Gewicht $A—B$ = 1,466 mg
1,475

B wird im Luftbad auf etwa 100° erwärmt.

Gewicht $A—B$ = 1,462 mg
1,455
1,470

B wird wieder im Luftbad auf 100° erwärmt.
1,473 mg
[1,510]

Nach Abwischen beider Gefässe mit einem trockenen Tuch
1,470 mg

1,466 mg Mittel.

Man kann aus den Versuchen schliessen, dass bei den verwendeten Körpern eine Aenderung der Anziehung durch die Erde in Folge chemischer Kräfte unterhalb $^1/_{20\,000\,000}$ der ganzen Anziehung bleiben müsste.

Druck von Georg Reimer in Berlin.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 6. Februar 1891.** Nr. 3.
Ausgegeben am 25. März 1891.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **H. Rubens** sprach nach gemeinsam mit Hrn. **L. Arons** angestellten Versuchen

über die die Fortpflanzungsgeschwindigkeit elektrischer Schwingungen in isolirenden Flüssigkeiten.

Eine ausführliche Darlegung des Inhaltes dieses Vortrags erscheint in Wiedemann's Annalen.

Geschenke.

F. M. Stapff. Les eaux du Tunnel du St. Gothard. Edité par l'auteur. 1891.

D. Colladon. Sur la transmission des sons dans l'eau 1841. (Neudruck, Genève, imprimerie Charles Schuchardt 1887). [Geschenk des Hrn. F. M. Stapff.]

F. R. Helmert. Die Schwerkraft im Hochgebirge, insbesondere in den Tyroler Alpen in geodätischer und geologischer Beziehung. Veröffentlichung des Königl. Preuss. Geodätischen Instituts und Centralbureaus der internationalen Erdmessung. Berlin, P. Stankiewicz 1890.

E. Riecke. Das thermische Potential für verdünnte Lösungen. S.-A Göttinger Nachrichten. 10. Dec. 1890, Nr. 14.

E. Riecke. Ueber elektrische Ladung durch gleitende Reibung. S.-A. Göttinger Nachr. 10. Dec. 1890, Nr. 14.

F. Erk und S. Finsterwalder. Die Fahrt des Ballon „Herder“ am

10. Juli 1889. S.-A. Jahresbericht des Münchener Vereins für Luftschifffahrt. 1890.

E. RIECKE. Molekulartheorie der Diffusion und Elektrolyse. S.-A. ZS. f. physik. Chemie, Bd. VI, Heft 6. Leipzig 1890.

G. und H. KRÜSS. Kolorimetrie und quantitative Spectralanalyse. Hamburg und Leipzig. L. Voss. 1891.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 20. Februar 1891.** Nr. 4.
Ausgegeben am 25. März 1891.

Vorsitzender: Hr. H. VON HELMHOLTZ.

Hr. **K. Feussner** sprach über

ein empfindliches Galvanometer mit abnehmbarer Dämpfung.

Vor etwa Jahresfrist wurde in der physikalischen Gesellschaft von anderer Seite darauf hingewiesen, dass das THOMSON'sche astatische Galvanometer den in Deutschland fabricirten Instrumenten dieser Art, speciell auch demjenigen von SIEMENS und HALSKE an Empfindlichkeit erheblich überlegen sei. Im electrotechnischen Laboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ist ein SIEMENS'sches und ein THOMSON'sches astatisches Galvanometer im Gebrauche. Beide haben einen Widerstand von nahe 6000 Ohm bei Hintereinanderschaltung aller Rollen. Das SIEMENS'sche Instrument giebt dabei, wenn die Directionskraft durch die Richtmagnete so weit abgeschwächt ist, dass die Magnete sich nahezu aperiodisch einstellen, durch einen Strom 26.10^{-10} A. bei 1 m Scalenabstand einen Ausschlag von 1 mm; — das THOMSON'sche unter denselben Bedingungen den gleichen Ausschlag durch etwa $5,2.10^{-10}$A. Die Empfindlichkeiten verhalten sich also wie 1 : 5.

Das kleine Galvanometer, welches ich Ihnen hier vorzuführen beabsichtige, kommt trotz seiner einfachen Einrichtung in seiner Empfindlichkeit dem THOMSON'schen ungefähr gleich. Weil es nur eine Wicklung mit dickerem Drahte besitzt, will ich es zunächst

mit dem SIEMENS'schen vergleichen, welchem ausser den erwähnten Rollen von 6000 Ohm Widerstand noch ein mit dickem Draht bewickelter Satz Rollen beigegeben ist. Während die ersteren Rollen im Ganzen 30000 Windungen besitzen, haben die mit dickem Draht bewickelten deren nur 2000. Durch diesen muss man einen Strom von $650 . 10^{-10}$ A. schicken, um 1 mm Ausschlag zu erhalten. Die Empfindlichkeiten verhalten sich also wie die Windungszahlen, wie das ja auch nicht anders zu erwarten war. Das kleine Galvanometer giebt mit 1000 Windungen 1 mm Ausschlag durch einen Strom von nur $200 . 10^{-10}$ A., zeigt also eine etwa 6 mal so grosse Empfindlickeit als das SIEMENS'sche Galvanometer. Die Astasirung war bei dieser Bestimmung mittelst zweier Richtmagnete so weit geführt, dass die Bewegungen nahezu aperiodisch erfolgten. Da die Dämpfung aber nicht ganz so gross, als bei dem SIEMENS'schen ist, macht es langsamere Schwingung, arbeitet also mit geringerer Richtkraft. In diesem Umstande ist zum Theil die grössere Empfindlichkeit dieses Instruments und ebenso auch die des THOMSON'schen begründet. Da nun eine starke Dämpfung im allgemeinen als ein Vorzug anzusehen ist, so erkennt man auch, das die Leistung und Güte eines Galvanometers nicht einfach nach der Empfindlichkeit abgeschätzt werden darf.

Die vorstehenden Angaben über die Empfindlichkeit habe ich angeführt, um zu zeigen, dass man sich ganz leicht auch von einem auf den Gegenstand nicht speciell eingearbeiteten hiesigen Mechaniker ein Galvanometer herstellen lassen kann, welches dem THOMSON'schen an Empfindlichkeit gleichkommt. Das hier vorgezeigte Instrument hat ein Laboratoriumsmechaniker der Reichsanstalt nach meinen Angaben angefertigt.

Besonders wollte ich Ihnen an diesem Instrument eine Einrichtung vorführen, welche erlaubt ein astatisches und stark gedämpftes Galvanometer durch einen einfachen Handgriff in ein ballistisches Galvanometer umzuwandeln.

Das Instrument besitzt nur ein paar Multiplikatorrollen. In der Mitte derselben schwingt der obere Magnet des astatischen Systems; der untere befindet sich in der 10 mm weiten verticalen Bohrung eines kupfernen Dämpfungscylinders. Dieser wird durch

eine von unten mit Bajonnetverschluss angesetzte Hartgummibüchse gehalten und kann mit derselben leicht von dem Instrumente abgezogen werden. Da das Gerüst der Multiplikatorrollen ganz aus Hartgummi besteht, stellt das Instrument nach Fortnahme des Dämpfungscylinders ein metallfreies ballistisches Galvanometer dar.

Ueber die zweckmässigste Form der Magnete wurden verschiedene Versuche angestellt. Zuerst probirte ich ein Magnetsystem, welches dem von Herrn Dr. Bruger angegebenen (siehe Centralblatt für Elekt. 1889, II, Seite 181) ähnlich ist und aus zwei oben und unten durch kurze Messingstege verbundenen, parallelen Magnetstäben besteht. Es zeigte sich jedoch, dass dieses System eine sehr veränderliche Ruhelage besitzt. Schon ein Strom, welcher einen nicht über die Skale hinausgehenden Ausschlag erzeugt, genügt, um die Ruhelage um mehrere Skalentheile zu verschieben. Quermagnetisirungen am Ende der Stäbe sind offenbar die Ursache dieser Erscheinung. Sodann wurden zwei Systeme probirt, welche man am einfachsten als zwei mit dem geschlossenen Ende verbundene Glockenmagnete bezeichnen kann. Das eine derselben war aus einem einzigen Stahlstück hergestellt, das andere konnte in der Mitte auseinander geschraubt werden. Bei der Magnetisirung des ersteren zeigten sich Schwierigkeiten, indem der dem einen Ende mitgetheilte Magnetismus bei einer nachfolgenden Magnetisirung des anderen Endes ganz oder zum grössten Theile zerstört wurde. Man hätte eine besondere Vorrichtung für gleichzeitige Magnetisirung des ganzen Systems herrichten müssen, um dasselbe genügend astatisch zu erhalten. Bei der zweiten Anordnung fiel diese Schwierigkeit fort, aber die Empfindlichkeit, welche mit diesem Doppel-Glockenmagnet erreicht wurde, befriedigte nicht sehr. Daher versuchte ich weiter ein System, welches dem in den Thomson'schen Galvanometern angewandten ähnlich ist; es ist nur erheblich schwerer als jenes und aus einem Stück hergestellt, um einen grösseren Spiegel und eine stärkere Verbindungsstange anwenden zu können. Jeder Magnet besteht aus einem 2 mm dicken, 7,5 mm breiten und 10 mm hohen Stahlblättchen, welches noch von der Seite her mit verschiedenen, nahe bis zur Mitte gehenden Einschnitten versehen

ist. Die Empfindlichkeit des Galvanometers war mit diesem System erheblich grösser als mit den früheren; am besten zeigte sie sich jedoch bei einem fünften System, dessen Magnete eine meines Wissens seither noch nicht angewandte Form besitzen. In der Mitte, dicht bei der Drehungsaxe stellen dieselben runde Röhrchen von 2 bis 3 mm äusseren Durchmesser dar und erweitern sich von da an nach beiden Seiten trichterförmig mit einem Oeffnungswinkel von etwa 75°. Die Wanddicke nimmt von der Mitte nach aussen zu proportional der Erweiterung des Trichters ab, sodass alle senkrecht zur magnetischen Axe geführten Schnitte ungefähr denselben Flächeninhalt besitzen. Der äussere Rand des Magnets, welcher die Polflächen darstellt, liegt auf einer mit der Drehungsaxe concentrischen Cylinderfläche. Man sieht leicht, dass bei dieser Form wegen der weiten Zertheilung der Polfläche der magnetische Widerstand des äusseren Raumes auf einen möglichst kleinen Betrag zurückgeführt ist, sodass die Pole einen im Verhältniss zu ihrer Fläche sehr grossen permanenten Magnetismus aufzunehmen vermögen, sowie auch, dass dieselben den Windungen des Multiplicators und dem Dämpfer möglichst nahe gebracht sind. Auf dieses letzte Magnetsystem beziehen sich die oben angegebenen Zahlen für die Empfindlichkeit des Instruments.

Ein Paar gekreuzter Richtmagnete zur Regulirung der Astasirung des Instruments befinden sich auf einen besonderen Untersatz. Zugleich mit der drehbaren Grundplatte können sie gemeinsam in gleicher Richtung bewegt werden, während die gleichzeitige Drehung in entgegengesetztem Sinn durch eine seitlich auf der Grundplatte angebrachte Rolle vermittelt wird. Von dieser geht ein gerader und ein gekreuzter Schnurlauf um die beiden in der Mitte der Grundplatte dicht über einander drehbar befestigten Hartgummischeiben, in welche die dünnen Richtmagnete eingelassen sind.

Hr. **H. Rubens** berichtete darauf, auf Grund von gemeinsam mit Hrn. **E. Hirsch** angestellten Untersuchungen,

Ueber ein neues Elektrodynamometer.

Im XXIII. Band der WIED. ANN. hat Hr. ROSENTHAL über ein von ihm construirtes Galvanometer berichtet. Die grosse Empfindlichkeit seines Instruments beruhte darauf, dass die Pole eines S-förmig gekrümmten Magneten in zwei kleine Drahtrollen hineingezogen wurden. Die kleinen Solenoide hatten einen Gesammtwiderstand von 80 Ohm.

Die ganze constructive Eigenart dieses Galvanometers legt den Gedanken nahe, es in ein Dynamometer umzuwandeln. Zu diesem Zweck wurde die Magnetnadel durch ein Bündel dünner weicher Eisendrähte ersetzt, die, durch feinen Messingdraht zusammengehalten, sich in der S-förmigen Gestalt der Galvanometernadel anschlossen. Die Richtkraft wurde durch ein am Spiegel befestigtes astatisches Nadelpaar ausgeübt, während die Dämpfung wie in dem Galvanometer durch ein paar Glimmerflügel bewirkt wurde.

Mit constantem Strom geaicht, zeigte das so entstandene Dynamometer eine Constante, die mit der eines FRÖHLICH'schen von ca. 5fachem Widerstand übereinstimmte. Für Telephonströme erwies es sich in Folge seines geringeren Widerstandes ausserordentlich empfindlich. Verband man es mit einem SIEMENS'schen Mikrophon, so erhielt man selbst bei einem Abstand von 6 m zwischen Schallquelle und Membran noch beträchtliche Ausschläge.

Hr. **W. Wolff** zeigte dann

eine farbige Daguerrotypie

vor, über deren Herstellungsart nichts Bestimmtes zu ermitteln war.

Geschenke.

E. Schwan und E. Pringsheim. Der französische Accent, eine phonetische Untersuchung. S.-A. Archiv für das Studium der neueren Sprachen und Litteratur. 1890.

K. Exner. Ueber die Scintillation. Prag, Wien u. Leipzig. F. Tempsky und G. Freytag.

Galileo Galilei. Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend. Erster und zweiter Tag. Leipzig, W. Engelmann (Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften. Nr. 11).

Druck von Georg Reimer in Berlin.

# Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 6. März 1891.** **Nr. 5.**
Ausgegeben am 15. Juni 1891.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **A. Kundt** sprach:

Ueber die objective Darstellung von Schwingungscurven von Saiten und anderen Instrumenten.

Der Vortrag war von zahlreichen Demonstrationen begleitet.

Hr. **Friedländer** (a. G.) trug darauf vor:

Ueber Photographien von elektrischen Entladungsfiguren.

Die Photographien wurden projicirt.

Geschenke.

D. W. BAKER. History of the Harvard College Observatory during the period 1840-1890. (Reprinted from the Boston Evening Traveller). Cambridge 1890.

F. NEESEN. Die Blitzgefahr. No. 2. Einfluss der Gas- und Wasserleitung auf die Blitzgefahr. Herausgegeben im Auftrage des Elektr.-Techn. Vereins. 2. Abdr. Berlin J. Springer und München R. Oldenbourg. (2 Expl.)

F. E. NIPHER. The State Weather Service.

F. E. Nipher. Electrical Industries in St. Louis. S.-A. Journ. of the Association of Engineering Societies.

C. Dieterici. Calorimetrische Untersuchungen. S.-A. Wied. Ann. Bd. XLIII, 1891.

Arbeiten des geographischen Institutes der k. k. Universität Wien. Mit einem Vorwort von Albrecht Penck. (Geographische Abhandlungen herausgeg. von A. Penck in Wien. Bd. V, H. 1) Wien und Olmütz. E. Hölzel 1891.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 10. April 1891.** Nr. 6.
Ausgegeben am 15. Juni 1891.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **O. Dziobek** (a. G.) sprach über:

Die zweiten Differentialquotienten des Potentials der Schwere und die Möglichkeit ihrer experimentellen Bestimmung.

Richtung und Grösse der Schwere an einem Orte der Erde sind sicher für sehr lange Zeiten nur wenig veränderlich und demnach von der Zeit unabhängige und bekanntlich aus dem Potential abgeleitete Funktionen des Ortes. Dieses Potential erhält unter Annahme eines in diesem Orte anfangenden Koordinatensystems mit lothrecht nach oben gehender Axe und mit Vernachlässigung der Glieder höheren Grades (was zwar nicht wesentlich nothwendig ist, aber die Rechnungen und ihre Ergebnisse sehr vereinfacht) die Form:

$$(1) \quad \begin{cases} V = C - gz + \tfrac{1}{2}(g_{11}x^2 + g_{22}y^2 + g_{33}z^2 + 2g_{12}xy \\ \qquad + 2g_{13}xz + 2g_{23}yz) \end{cases}$$

Hier bedeutet g die Schwere in dem Ort und $g_{11}, g_{12} \ldots$ die sechs zweiten Differentialquotienten des Potentials nach den Koordinaten. Die Komponenten g_x, g_y, g_z der Schwere g_{xyz} in einem Punkte mit den Koordinaten x, y, z folgen aus (1) sofort durch die Gleichungen:

$$(2)\qquad \begin{cases} g_x = \dfrac{\partial V}{\partial x} = g_{11}x + g_{12}y + g_{13}z \\ g_y = \dfrac{\partial V}{\partial y} = g_{12}x + g_{22}y + g_{23}z \\ g_z = \dfrac{\partial V}{\partial z} = g_{13}x + g_{23}y + g_{33}z - g \end{cases}$$

Die Schwere g_{xyz} wird demnach unter Vernachlässigung der zweiten Potenzen von g_{11}, g_{12} (welche sehr kleine Grössen sind)

$$g_{xyz} = -g_z = g - g_{13}x - g_{23}y - g_{33}z$$

Die Veränderung der Grösse der Schwere hängt also nur von den drei Koefficienten g_{13}, g_{23}, g_{33} ab, und nur diese und nicht mehr können daher durch Messungen gefunden werden, welche, wie z. B. Pendelbeobachtungen nur die Grösse der Schwere angehen. In der That ist der grösste unter ihnen, g_{33}, welcher die Abnahme der Schwere mit der Höhe bestimmt, auf diesem Wege durch Hrn. Dr. THIESEN für das Observatoire in Breteuil, wo ihm ein Höhenunterschied von etwa 10 m zur Verfügung stand, ermittelt worden, und würde man ebenso verfahren können, um die beiden Koefficienten g_{13} und g_{23} zu erhalten, nur dass man erstens horizontal fortgehen müsste und zweitens der Kleinheit dieser Koefficienten wegen viel grössere Entfernungen zur Erreichung derselben Genauigkeit nöthig haben würde.

Uebrigens würde die Kenntniss von g_{33} und von

$$g_{11} - g_{22},\ g_{12},\ g_{13},\ g_{23}$$

welche Koefficienten ich besonders im Auge habe, sofort die vollständige Lösung der Aufgabe herbeiführen, da das Potential der Schwere, d. h. der Summe der Anziehung und der Centrifugalkraft der Erddrehung, von der geringen Luftdichte abgesehen, der Gleichung genügt:

$$\Delta^2 V = \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = g_{11} + g_{22} + g_{33} = 2\omega^2,$$

wo ω die Winkelgeschwindigkeit der Erddrehung bezeichnet.

Es ist für die Beurtheilung der Möglichkeit, die obigen vier Koefficienten zu ermitteln, nothwendig, sich eine ungefähre Vorstellung darüber zu bilden, welche Werthe sie etwa erreichen können. Sieht man zunächst von der Abplattung und Drehung



der Erde ab, betrachtet sie also als eine aus homogenen concentrischen Kugelschalen zusammengesetzte ruhende Kugel, so wird das Potential V bekanntlich, wenn M die Erdmasse und r den Abstand des angezogenen Punktes von ihrem Mittelpunkt bezeichnet

$$V = M/r$$

und hieraus folgt sofort

$$g = M/r^2$$
$$g_{33} = -2g_{11} = -2g_{22} = 2M/r^3 = 2g/r$$
$$g_{12} = g_{13} = g_{23} = 0.$$

Nimmt man als Einheit der Länge das Meter, so ist r für einen Punkt in der Nähe der Erdoberfläche ungefähr $= 10^{-7} \cdot \frac{2}{\pi}$ und daher:

$$(3) \qquad g_{33} = g.\pi.10^{-7} = g.3.10^{-7},$$

während insbesondere die vier Koefficienten

$$g_{11} - g_{22},\ g_{12},\ g_{13},\ g_{23}$$

null wären. In Folge der Abplattung der Erde und ihrer Drehung wird das letztere nun allerdings nicht der Fall sein, doch lässt sich leicht zeigen, dass die Werthe dieser vier Grössen in Folge dieser Ursachen im Maximum nur $\frac{2}{3}$ pCt. von g_{33}, also $2g.10^{-9}$ betragen würden. Dagegen können die sogenannten lokalen Unregelmässigkeiten im Bau der Erdrinde und auch sehr nahe durch den Menschen aufgehäufte Massen auf diese Grössen einen viel stärkeren Einfluss haben. Eine kleine Rechnung zeigt z. B., dass ihre Werthe eben so gross sein könnten wie g_{33} selbst, wenn sich eine Kugel von der mittleren Erddichte und irgend einem Radius in unmittelbarer Nähe des Punktes befände. Da nun die Gesteinsmassen der Erdoberfläche etwa halb so dicht sind, wie die Erde als ganzes, so werden wohl nirgends diese Werthe die Hälfte von g_{33} oder $g.\frac{3}{2}.10^{-7}$ betragen oder überschreiten, während sich wohl annehmen lässt, dass sie in gebirgigen Gegenden, namentlich dort, wo steile Berge aus weiten Ebenen aufsteigen, bis zu $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{6}$ von g_{33} heranreichen können. Aber selbst bei ebenem Erdboden können diese Werthe viel grösser sein als $g_{33}/_{150}$, weil Unregelmässigkeiten in der Gesteinsdichte unter dem Erdboden sein können, wie es z. B. für die Umgegend von Berlin durch die unerwartet beträcht-

lichen Lotstörungen, welche durch die Untersuchungen des geodätischen Instituts festgestellt worden sind, sehr wahrscheinlich geworden ist. Daher glaube ich, dass an vielen Orten der Erde die vier Grössen:

$$g_{11}-g_{22},\ g_{12},\ g_{13},\ g_{23}$$

bis zu $\frac{1}{30}$ von g_{33} oder bis $g.10^{-8}$ heranreichen und diesen Werth sogar übersteigen.

Unter dieser Voraussetzung will ich jetzt zu zeigen versuchen, dass es möglich scheinen kann, ihre Werthe bis auf einige Procente von $g.10^{-8}$ genau zu bestimmen.

Stellen wir uns einen starren Körper vor, dessen Schwerpunkt mit dem Koordinatenanfang zusammenfalle, und setzen alle auf seine Massentheilchen den Gleichungen (2) gemäss wirkenden Anziehungen nach den bekannten elementaren Methoden zusammen, so werden ausser der durch den Schwerpunkt gehenden Resultante noch drei Kräftepaare oder Drehungsmomente um die Koordinatenaxen gefunden, welche nur dann in allen Lagen des Körpers verschwinden, wenn jede durch seinen Schwerpunkt gehende Axe eine freie Axe ist (also etwa für eine homogene Kugel), während es im Allgemeinen nur 24 so geartete Lagen giebt. Die beiden Kräftepaare mit horizontaler Axe kann man mit der Resultante zusammensetzen, wodurch dieselbe ein wenig seitlich vom Schwerpunkt verschoben wird, während das für meinen Zweck wichtigste mit lothrechter Axe bleibt. Seine Grösse wird durch folgende Formel gefunden:

$$(4.)\qquad (g_{11}-g_{22})A_{12}+g_{22}(A_{22}-A_{11})+g_{13}A_{23}-g_{23}A_{13},$$

$$\text{wo } A_{11}=\int x^2 dm,\quad A_{12}=\int xy\,dm \text{ u. s. w.}$$

Sie hängt also von den vier Koefficienten $g_{11}-g_{22}$ etc. und von der Beschaffenheit und Lage des Körpers ab. Sie verschwindet für unendlich viele Lagen, und namentlich giebt es bei einer Drehung um eine lothrechte Axe vier oder zwei solcher Lagen, bei welchen zugleich ein Vorzeichenwechsel des Kräftepaares stattfindet. Ist im Besonderen diese Axe eine freie Axe, dann verschwinden A_{13} und A_{23}, und jene vier Lagen entspringen eine

aus der anderen durch eine Drehung um 90° oder ein Vielfaches von 90°.

Daher wird in einer Drehwaage, wie sie etwa CAVENDISH vor beinahe 100 Jahren zur Bestimmung der mittleren Erddichte angewendet hat, der an einem Faden hängende Hebel, auch wenn auf ihn nur die Schwere wirkt, eine Gleichgewichtslage haben, bei welcher der Faden bereits gedreht ist, weil jenes Kräftepaar durch dasjenige der Fadendrehung aufgehoben werden muss. Diese Gleichgewichtslage werde durch Ablesung nach gewöhnlichen Methoden bestimmt. Nun aber sei der ganze Apparat auf eine Art Drehscheibe gestellt und in dem Kasten, welcher den Hebel enthält, eine Hemmvorrichtung zur Vermeidung heftiger Schwingungen dieses Hebels während der Drehung vorhanden. Nach der Drehung und Lösung dieser Hemmung wird die Gleichgewichtslage eine andere geworden sein, weil das Kräftepaar sich verändert hat. Stellt man demnach den ganzen Apparat in die verschiedensten Azimute, so erhält man hinreichend viele Gleichungen, in denen ausser bekannten Grössen nur die Torsionskraft des Fadens und die vier Konstanten $g_{11}-g_{22}$ etc. als Unbekannte enthalten sind, welche aus ihnen zu berechnen wären.

Es kommt nun zur Beurtheilung der Möglichkeit des Gelingens derartiger Experimente vornehmlich darauf an, nachzuweisen, dass die Ausschläge des Hebels, welche aus unserem Kräftepaar entspringen, genügend gross sind. Zu diesem Zweck will ich annehmen, dass wirklich der von CAVENDISH benutzte Apparat auch hier gebraucht werden solle, und mich an die Beschreibung desselben halten, wie ich sie im Journal de l'École polytechnique, Cahier 17, pag. 263—320 gefunden habe.

Wenn CAVENDISH die schweren Bleikugeln den Endkugeln des Apparates möglichst nahe gebracht hatte, so betrug die Kraft, mit welcher letztere angezogen wurden etwa 2.10^{-8} ihres Gewichtes, d. h. $2.10^{-8}.g.m$, wo m die Masse einer Endkugel ist. Die Grösse des von CAVENDISH benutzten Kräftepaares war also im Maximum, wenn l die Länge des Hebels bezeichnet:

$$2.10^{-8}.g.m.l.$$

Unser Kräftepaar dagegen würde nach Formel (4) sein:

$$(g_{11}-g_{22}).A_{12}+g_{22}(A_{22}-A_{11})$$

d. h., wenn etwa $g_{11}-g_{22}=0$ und $g_{22}=g.10^{-8}$ gesetzt würde $g.10^{-8}(A_{22}-A_{11})$.

Dieses Kräftepaar erhält seinen grössten Werth, wenn der Hebel in die Richtung der y- (oder der x-) Axe gestellt wird. Dann wird A_{11} der geringen Querdimensionen wegen sehr klein und A_{22} nahezu $=2m.(l/2)^2$. Unser Kräftepaar wäre demnach im Maximum:

$$2.10^{-8}.g.m(l/2)^2$$

und verhielte sich zu dem vorigen wie:

$$l/4:1$$

d. h. etwa wie 1:2, da $l=1{,}83$.

An vielen Stellen der Erde würde jenes Kräftepaar selbst in dem Cavendish'schen Apparat von unseren an Grösse übertroffen werden, und bei zweckmässiger Abänderung würde daher, von den Fehlerquellen abgesehen, die Drehwaage völlig ausreichen, um die in Frage kommenden Konstanten bis auf einige Procente von $g.10^{-8}$ genau zu ermitteln. Leider aber sind diese Fehlerquellen sehr bedeutend und schwer unschädlich zu machen, worauf mich namentlich Hr. Professor Dr. Bruns, Direktor der Sternwarte in Leipzig, aufmerksam gemacht hat. Wie er mir mitgetheilt hat, bestehen diese Fehler besonders in der Unbeständigkeit der Torsionskraft und der Gleichgewichtslage des Fadens, wenn er im ungedrehten Zustande ist. Da ich kein experimentirender Physiker bin, so wäre es mein Wunsch, einen solchen für diese Angelegenheit interessiren zu können, welcher vielleicht eine andere Anordnung zur Messung des von mir angegebenen Kräftepaares treffen würde oder aber die zeitliche Unmöglichkeit des Gelingens derartiger Versuche darlegte.

Zu Gunsten der Wichtigkeit derartiger Bestimmungen liesse sich vielleicht sagen, dass möglicher Weise die Empfindlichkeit der Kräftemessapparate hier und da eine Grösse erlangt hat, welche die Einflüsse der 6 zweiten Differentialquotienten und nicht bloss von g_{33} als nicht verschwindend erscheinen lässt und ihre Fortschaffung, d. h. die Kenntniss dieser Koefficienten wünschenswerth



macht. Dagegen liegt die Wichtigkeit ihrer Kenntniss für geodätische Zwecke klar vor Augen. Von den vier Konstanten:

$$g_{11} - g_{22}, \; g_{12}, \; g_{13}, \; g_{23}$$

bestimmen nämlich die beiden ersten die Azimute der beiden Krümmungslinien der durch den Punkt gehenden Niveaufläche (des Geoids) und die Differenz ihrer Hauptkrümmungen; und ebenso bestimmen die beiden letzteren das Azimut der Schmiegungsebene der Lothlinie und ihre Krümmung.

Hr. **E. Budde** zeigte darauf eine von Hrn. Hauptmann Wiebe in Spandau freundlichst zur Verfügung gestellte Sammlung von Geschossen vor, welche durch Einschlagen in Sand, Mauerwerk u. s. w. in verschiedenartiger Weise deformirt waren.

Hr. **H. W. Vogel** sprach dann

1) Ueber Lippmann's Photographien des Spektrums in natürlichen Farben.

Seebeck (Goethe's Farbenlehre 1810) ist es bereits geglückt Spectra auf im Licht braungewordenen Chlorsilberschichten in ihren annähernd natürlichen Farben zu fixiren. Becquerel, Niepce de St. Victor, Poiterin, Dr. Zencker haben diese Experimente fortgesetzt und auf solchen in Licht angelaufenen Chlorsilberschichten auch transparente farbige Bilder copirt, wobei vorzugsweise die wenig brechbaren Farbenstrahlen (roth, gelb) sich gut abbildeten[1]). Ueber die Natur dieser Farben gab Dr. Zencker die erste Erklärung (dessen Photochromie: Berlin 1868). Er nahm an, dass beim Eindringen der Lichtstrahlen in die empfindliche Schicht an der Rückseite Reflexionen stattfänden, dass die reflectirten Strahlen mit den ankommenden stehende Wellen bilden und dass durch dieselben an der Maximumstelle der Bewegung (Wellenberg und Wellenthal) d. h. in der Entfernung einer halben Wellenlänge Reduktionen der empfindlichen Schicht einträten, wodurch Lagen von reduzierten Silber gebildet würden. Fällt weisses Licht auf

[1]) Berichte der d. chem. Gesellschaft IX.



solche Schicht, in welcher z. B. durch blaue Strahlen Lagen in $^1/_2$ Wellenlänge Abstand erzeugt sind, so wird durch die erste Lage das Licht z. Th. hindurchgehen, z. Th. reflectirt werden. Dasselbe geschieht bei der zweiten und den folgenden Lagen.

Das von der ersten Schicht reflectirte Licht interferirt mit dem von der zweiten Schicht reflectirten bei einem Gangunterschied einer ganzen Wellenlänge der blauen Strahlen; somit werden diese Strahlen sich gegenseitig verstärken. Dasselbe geschieht bei den Reflexionen und Interferenzen in den folgenden Lagen. Somit wird das reflectirte Licht an solchen von blauem Lichte affizirten Stellen blau tingirt sein. Aehnliches gilt für die übrigen Stellen, welche von dem rothen, gelben, grünen und violetten Theile des Spectrums getroffen worden waren. Leider erwiesen sich diese Bilder sammt und sonders als nicht fixirbar d. h. das nach der Bilderzeugung überflüssige empfindliche Material (das Silberchlorür, hypothetisch Ag_2Cl) konnte nicht fortgeschafft werden. In Folge dessen veränderten sich die Bilder bei Betrachtung im Tageslicht bald und die Farbe verschwand allmählich.

Jetzt ist es nun LIPPMANN gelungen solche farbigen Lichtbilder zu erzeugen, die sich fixiren lassen. Das ist der grosse Fortschritt. Die Ursache der Fixirbarkeit liegt nach meiner Ansicht nun in der Wahl eines anderen lichtempfindlichen Materials.

Bei den älteren Experimentatoren wurde allgemein im Licht gebräuntes Chlorsilber benutzt. Man nahm dasselbe weil es für Licht nahe aller Brechbarkeiten empfindlich war. Farbenempfindliche Platten deren Herstellung mir zuerst 1873 glückte, kannte man früher noch nicht.

Sucht man aber das nach der Belichtung überflüssige braune „Silberchlorür" aufzulösen, so zerfällt es nach der Gleichung

$$Ag_2Cl = Ag + AgCl.$$

Es schlägt sich somit pulveriges Silber in der Bildschicht nieder und zerstört natürlich die regelmässige Lagerung, welche zur Entstehung der dünnen Plättchenfarben nach Dr. ZENCKER's Theorie[2]) nöthig ist.

---

[2]) Neuerdings geht durch englische Fachschriften die Behauptung, die Theorie der stehenden Lichtwellen und der Photographieen in natürlichen

Lippmann dagegen benutzt reines (oder durch Absorptionsmittel gefärbtes) Bromsilber, welches sich beim Behandeln mit einem Lösungsmittel (nach der Belichtung) glatt, ohne Zurücklassung von Silberpulver, auflöst, so dass die regelmässige Lagerung ungestört bleibt.

Eine von Hrn. Lippmann hergestellte Photographie des Spectrums wurde vorgezeigt.

---

2) Ueber die Photometrie farbiger Strahlen und über Messung der chemischen Intensität des Tages- und des verschiedenfarbigen Lichtes.

Bei dem gegenwärtigen Stande der Photometrie ist es bekanntlich schwer möglich, bei Vergleichung gleichfarbiger Lichtquellen eine grössere Genauigkeit zu erzielen als bis 1 pCt. Handelt es sich um farbiges Licht (Vergleich von Blau und Blau, Grün und Grün, Roth und Roth), so ist die Genauigkeit noch geringer, namentlich, wenn die Helligkeiten der Lichtquellen stark differiren. H. C. Vogel giebt bei seinen Vergleichen der Intensitäten der verschiedenen Spektralregionen von Lampen-, Sonnen- und Himmelslicht die Genauigkeit auf 6 pCt. an (Bericht der Berliner Akademie d. W. 1880, p. 861). Bei Vergleichungen der Helligkeit verschiedenfarbiger Lichter ist der Fehler noch grösser und dürfte er je nach den Umständen 10 bis 16 pCt. betragen.

Sind wir somit mit der gewöhnlichen Photometrie schon übel daran, so sieht es mit der chemischen Photometrie, d. h. mit der Bestimmung der chemischen Intensität des Tageslichts [und der damit zusammenhängenden Messung der Empfindlichkeit photographischer Platten] noch schlimmer aus. Bei diesen Messungen benutzt man statt der empfindlichen Netzhaut ein lichtempfindliches Material, welches durch das Licht chemisch verändert wird. Bunsen und Roscoe nahmen als solches das schon von Draper empfohlene Chlorknallgas und bestimmten aus der Salzsäuremenge, welche inner-

---

Farben rühren von Lord Rayleigh her. Derselbe trat aber damit erst 18 Jahre nach Dr. Zencker hervor.

halb der Zeiteinheit in der Entfernungseinheit durch irgend eine Lichtquelle gebildet war, die chemische Intensität des betreffenden Lichts. Das Material litt an dem Uebelstand, dass die Gegenwart von Wasser seine Empfindlichkeit sehr empfindlich beeinflusst, wie zuerst PRINGSHEIM zeigte, dass ferner ganz unbedeutende Verunreinigung (Luft etc.) zu ganz erheblichen Fehlern führten (BUNSEN und ROSCOE)*). Der grösste Uebelstand ist aber der, dass das Chlorknallgas wesentlich nur blaues, violettes und ultraviolettes Licht absorbirt und dass nur diese Strahlen chemisch darauf wirken, die nicht absorbirten Strahlen werden somit nicht mitgemessen.

Wegen der grossen Schwierigkeiten, welche die Handhabung des Chlorknallgasphotometers im Gefolge hat, nahmen BUNSEN und ROSCOE später Chlorsilberpapier (POGGENDORFF's Ann. CXVII, 520). Sie belichteten dasselbe mittelst des „Pendelphotometers“ und maassen die Lichtintensität aus der Zeit, die zur Erreichung einer bestimmten Schwingung nöthig war. Vorher wiesen sie nach, dass die Zeit, welche zur Erreichung einer gewissen Färbung nöthig ist, der Lichtintensität genau umgekehrt proportional ist (Reciprocitätsgesetz).

Dieses Papierphotometer war in Bezug auf die Manipulation ein ganz bedeutender Fortschritt, in Bezug auf das Photometermaterial aber ein ganz erheblicher Rückschritt, indem das Chlorsilberpapier wesentlich nur für die violetten und benachbarten ultravioletten Strahlen empfindlich ist; somit waren es eigentlich nur diese, welche gemessen wurden. Es sind auf Veranlassung ROSCOE's eine sehr grosse Zahl Lichtmessungen in Kew, in Manchester, in Para u. s. w. gemacht worden. Die dadurch gewonnenen Zahlen gaben aber keineswegs die gesammte chemische Lichtintensität des Himmels an, sondern nur die der violetten Strahlen.

Da diese nun auf sehr wichtige biologische Erscheinungen, z. B. Entwickelung des Blattgrüns, so gut wie gar nicht einwirken, so sind alle aus jenen Messungen gezogenen Schlüsse in Bezug auf die Entwickelung der Pflanzenwelt etc. geradezu falsch.

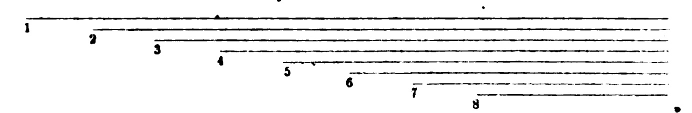
Später schlug ich mit chromsaurem Kali getränktes Papier

*) POGGEND. Ann. Bd. C, p. 43, 481, Bd. CI, p. 235.



als photometrisches Material vor und benutzte zur Beobachtung das sogenannte Schichten- oder Skalenphotometer (Photogr. Mitth. 1868, Jahrg. 4, p. 122; VOGEL, Handbuch der Photogr. IV. Aufl. Bd. I, p. 96). Das chromsaure Kalipapier färbt sich im Licht anfangs 4 mal rascher als Silberpapier. Die Färbung bei langer Beleuchtung steht der des Chlorilberpapiers an Intensität nach. Dieser Umstand schadet aber nicht, da hier nur die Anfangswirkung gemessen wird. Der Vortheil des Chromatpapiers gegenüber dem Silberpapier beruht aber darin, dass es auch für die hellblauen Strahlen bis über F empfindlich ist, d. h. gerade für die Spectralregionen, welche hauptsächlich auf unsere gewöhnlichen photographischen Präparate wirken.

Das Skalenphotometer, wie es heut noch in der photographischen Praxis in Anwendung ist, besteht aus einem terrassenförmigen System von übereinander gelegten, völlig homogenen Papierstreifen,



die eng zusammengepresst sind. Auf jedem vorstehenden Ende der Streifen sind Zahlen in Schwarz gedruckt, welche die Zahl der darüberliegenden Streifen angeben. Setzt man unter solchem Streifensystem das empfindliche Papier dem Lichte aus, so schützt die schwarze Zahl das darunter liegende Papier vor der Wirkung des Lichts. Dieselbe erscheint demnach hell auf dem umgebenden durch das Licht gedunkelten Grund. Je stärker das Licht ist, desto rascher wird diese Färbung nach den oberen Graden hin fortschreiten. Man erkennt den äussersten Punkt, bis zu dem sie fortgeschritten ist, an der daselbst erschienenen Gradzahl, wobei aber die allererste schwächste erkennbare Wirkung zu berücksichtigen ist.

Ich habe a. a. O. bewiesen, dass die Lichtintensitäten unter solchem terrassenförmigen Streifensystem, je nach der Zahl der Schichten, in geometrischem Verhältniss zu einander stehen. Ist die auf das System fallende Lichtintensität = 1, die nach Durch-

gang durch eine Lage übrig bleibende $= 1/m$, so ist die Intensität unter 2 Lagen $1/m^2$, unter x Lagen $1/m^x$.

Das Instrument ist nur in vereinzelten Fällen zur Photometrie verwendet worden (SCHULTZ-HENCKE. Phot. Mitth. XXIII, 296), desto mehr aber zur Bestimmung der Belichtungsdauer bei verschiedenen photographischen Processen, bei welchen der Lichteindruck erst durch eine nachherige Manipulation zur Erscheinung kommt.

Später wurde ein ähnliches Schichtenphotometer durch WARNECKE construirt und zur Messung der Empfindlichkeit von Trockenplatten empfohlen. Es fand auch eine sehr allgemeine Einführung, bis Prof. L. WEBER und Dr. KARSTEN nachwiesen, dass die Genauigkeit desselben sehr viel zu wünschen übrig lässt (Photogr. Mitth. XXVII, 91). Wissenschaftlich ganz unhaltbar ist die für dieses Sensitometer vorgeschlagene Normallichtquelle, eine durch Magnesiumlicht erregte Phosphorescenzplatte. Wie solche total unzuverlässige Lichtquelle vorgeschlagen werden und Eingang finden konnte, ist mir ein Räthsel.

Später konstruirte ich ein auf einem älteren Princip beruhendes Photometer, welches Loch- oder Röhrenphotometer genannt wurde. Hier standen die einzelnen Grade nicht im geometrischen Verhältniss zu einander wie beim Schichtenphotometer (s. o.), sondern im arithmetrischen (s. diese Ber. 1882, No. 6).

Ich glaubte früher in dem Instrumente einen besonderen Fortschritt zu erkennen. Ich bekenne offen, dass ich die Ansicht jetzt fallen lasse und zwar aus folgenden Gründen:

Bekanntlich verhält sich die Helligkeit der einzelnen Grade des Röhrenphotometers wie die Zahl der Löcher über jeder Röhre, unter welcher die zu prüfende Platte belichtet wird. So ist unter N. 1 (ein Loch) die Helligkeit 24mal so schwach als unter No. 24 (24 Löcher); wenn demnach zwei Platten unter dem Photometer gleich lange demselben Licht ausgesetzt werden, und es erscheint bei der einen, bei der photographischen Entwickelung Zahl 10, bei der anderen Zahl 24, so heisst es, dass die Helligkeit unter 10, die nur $^{10}/_{24}$ von der Helligkeit unter 24 ist, ebenso starken Eindruck macht als die Helligkeit unter 24, demnach wird die erste Platte im



Verhältniss 10 : 24, also nahe $2^1/_2$ mal empfindlicher sein. Hier bekommt man also direkt das Verhältniss der Empfindlichkeit aus dem Verhältniss der Zahl der Löcher, unter welchen der erste Eindruck sichtbar wird; das ist ein wesentlicher Vortheil gegenüber dem Skalenphotometer, dessen Grade nach geometrischem Verhältniss fortschreiten und keineswegs wie die Gradzahlen sich verhalten.

Diesen Vortheilen gegenüber tritt nun ein grosser Nachtheil, das sind die ganz ungleichen Intervalle zwischen zwei Graden. So ist unter einem Loch die Lichtstärke halb so gross als wie unter zwei Löchern. Es muss demnach, wenn die Lichtstärke unter 2 Löchern 100 genannt wird, die Lichtstärke um 100 steigen, um unter einem Loch dieselbe Anfangswirkung hervorzubringen, als wie unter zwei.

Es folgt daraus, dass wenn z. B. bei einer Platte Zahl 2 herauskommt, bei derselben Zeit eine doppelt so empfindliche Platte Zahl 1 herausbringen würde; eine $1^3/_4$ mal so empfindliche würde aber nicht 1, sondern auch nur Zahl 2; so dass sich unter solchen Umständen Platten als gleich erweisen werden, deren Empfindlichkeit sich wie 4 : 7 verhält.

Die Helligkeit H unter jedem Grade ist der Zahl der Löcher n proportional. So steigt die Helligkeit von n bis $n+1$ um $1/n \times 100$ in Procenten; ist also bei jedem Grad verschieden, sehr gross, wenn n klein ist, und gering, wenn n gross ist. Sie muss demnach bei Grad 10 um 10 pCt. steigen, wenn sie die durch Grad 11 hervorgebrachte Anfangswirkung ebenfalls hervorbringen will. Eine Steigerung um 5 pCt. bleibt demnach sicher ohne Wirkung; nahe eben so gross ist der Fehler. Vergleicht man in dieser Art Grad 20 und 19, so bemerkt man Unterschiede von 5 pCt., und kann man dann mindestens 3 pCt. Fehler machen.

Es liegen also abermals in Bezug auf die Anfangswirkung Fehler vor, die das Instrument in Bezug auf die Grade 1—20 so gut wie unbrauchbar machen. Nur von 20—25 halten sie sich innerhalb der Fehlergrenzen der gewöhnlichen Photometrie; sie ist aber für jedes Intervall verschieden. Die Frage, inwieweit Unter-

schiede von 5 pCt. durch die Anfangswirkung sich markiren werden, ist noch eine offene.

Anders ist es nun beim Schichtenphotometer. Ist die Zahl der Schichten x, die Helligkeit unter einer Schicht m, so ist die Helligkeit unter x Schichten $1/m^x$. Es muss demnach m^x mal so viel Licht auf die x Schichten fallen, um dieselbe Wirkung (Anfangswirkung) unter x Schichten auszuüben, wie die Lichtstärke 1 bei einer Schicht. Bei dem Grade $x+1$ wird m^{x+1} mal so viel Licht nöthig sein.

Demnach steigt die Lichtmenge, wenn nach Grad x Grad $x+1$ sichtbar wird um $m^{x+1}-m^x$. Berechnen wir dieses von m^x ausgehend. auf Procente, so erhalten

$$\frac{m^{x+1}-m^x}{m^x} \times 100 = (m-1) \times 100.$$

m ist nun eine Constante, d. h. deren reciproker Werth die Lichtstärke angiebt, welche beim Durchgang durch eine Schicht übrig bleibt.

Daraus geht hervor:

1. dass die Zunahmen des Lichtes in Prozenten von einem Grad zum andern bei allen Graden des Schichtenphotometers gleich sind,

2. dass diese Zunahme gleich dem um eins verminderten Absorptionskoefficienten für eine Schicht ist multiplicirt mit 100*).

Daraus folgt, dass in der That das Schichtenphotometer Vortheile vor dem Röhrenphotometer voraus hat.

Bei meinem Photometer beträgt die Zunahme 0,27 von einem Grad zum andern ($m-1 = 1{,}27-1 = 0{,}27$), dieses mit 100 multiplizirt liefert 27 pCt.

Man kann aber durch Wahl eines weniger stark absorbirenden Materials, bei welchem m kleiner ist, ein geringeres Wachsthum der Grade erzielen. Ist m z. B. $= 1{,}1$ so ist $m-1 = 0{,}1$, demnach die Zunahme von Grad zu Grad nur 10 pCt. Dann bleiben die Fehler innerhalb der Zahl 10 pCt. Ist $m = 1{,}05$, so bleiben sie in-

*) Unter Absorptionscoefficient ist hier die Zahl verstanden, mit welcher man die ursprüngliche Lichtstärke dividiren muss, um die durch Absorption, nach Durchgang durch eine Schichtenlage, verminderte Lichtstärke zu erhalten.

nerhalb 5 pCt. Dadurch hat man es in der Gewalt, das Schichtenphotometer empfindlicher zu machen.

Man wird aber bei diesen Bestimmungen, gleichviel ob sie zur Messung der chemische Lichtintensität oder aber zur Messung der Empfindlichkeit einer Platte dienen sollen, sich wohl mit einer Genauigkeit bis auf 5 pCt. begnügen müssen.

Noch übler steht es nun, wenn wir photochemisch die chemische Intensität verschiedenfarbigen Lichts vergleichen wollen.

Ich schlug kurz nachdem es mir glückte, die farbenempfindliche Platten zu finden, zu diesem Zwecke einen Spectralapparat mit sogen. Keilspalt vor (s. Ber. d. chem. Gesellsch. 1874 p. 1188) und habe denselben auch wirklich bei meinen Spectralbeobachtungen im rothen und indischen Meer und benutzt (Pogg. CLVI, p. 319). Die Helligkeit des Spectrums ist bei solchem Keilspalt der Spaltbreite an betreffender Stelle proportional; man erkennt ferner die Intensität des bezw. Spektrallichts aus der Stelle bis zu welcher von der Breitseite des Spalts an gerechnet die Lichtwirkung sich erstreckt. Aber das Erkennen dieser Stelle macht ganz besondere Schwierigkeiten; die Schattirung ist so allmählich, dass man gar nicht sagen kann, wo die Färbung wirklich aufhört. Dazu beeinflussen die mitphotographirten Spectrallinien die Beobachtung durch Contrast sehr erheblich.

Bei dicken Linien erkennt man die Wirkung viel weiter hin als bei schwachen.

Ich gab daher diese Methode bald auf. Dagegen ergriff sie Schumann und suchte damit Bestimmungen über die relative Intensität der blauen und gelben Strahlen im Sonnenspectrum, resp. über die relative Wirkung derselben auf farbenempfindliche Eosinsilberplatten, zu machen.

Neben dem Keilspalt verwandte er hierbei noch einen anderen Modus. Er belichtete in einem Spectrographen dieselben Platte nacheinander mit verschiedenen Expositionszeiten, so dass er eine Reihe Spektra neben einander erhielt, und bestimmte die Zeit, die eben nöthig war, um bei diesen Spectren die verschiedenen Farbenregionen (Blau, Gelb etc.) zum Vorschein zu bringen (d. h. wieder die sog. Anfangswirkung). Hierbei gelangte er zu den Resultaten.

deren Unrichtigkeit auf der Hand liegt. Er erklärt auf Grund seiner Versuche (photogr. Correspond. 1886. p. 526. Chemical News 1891):

„Bei hochstehender Sonne ist die Erythrosinsilberplatte für gelbe und blaue Strahlen gleichempfindlich."

Ferner:

„Dem Gelb und Blau vom Spectrumbild der Wolken und des Himmelsgewölbes gegenüber erweist sich die Erythrosinsilberplatte als gleichhoch empfindlich."

Die Unrichtigkeit dieser Behauptungen geht nun aus wirklichen Messungen der Lichtstärke verschiedener Farben im Spektrum des trüben und klaren Himmels und des Sonnenlichts hervor. Solche Messungen liegen vor von H. C. Vogel (Bericht der Berl. Akad. d. W. 1880 pag. 801).

H. C. Vogel hat das Licht der drei Lichtquellen mit einer Petroleumnormallampe verglichen und die Zahlen der Art berechnet, dass er die Intensität des Sonnenlichtes resp. Himmelslichtes soweit abgeschwächt dachte, dass die Stelle im Grün λ 555 in beiden Spektren sich als gleich hell erwies. Dann zeigten die übrigen Farben im Petroleumlicht folgende Helligkeiten im Vergleich zu denselben Farben in den anderen Lichtquellen:

	Wellenlänge, dividirt durch:	Petroleum / Trüben Himmel.	Petroleum / Klaren Himmel.	Petroleum / Sonne.
Roth	673	—	2,67	—
	633	3,40	3,98	2,32
Orange	600	2,12	2,52	1,75
Gelbgrün	555	1,00	1,00	1,00
Grün	517	0,47	0,40	0,52
Grünblau	486	0,23	0,19	0,27
Blau	426	0,10	0,04	0,11
	444	0,09	0,02	0,10

Wenn man demnach Petroleum, trübes und blaues Himmelslicht und Sonnenlicht im Grüngelb (λ 555) gleich hell macht, so erweist sich das Blau im trüben Himmel bei λ 444*) als 11 mal, im klaren Himmel als 50 mal und in der Sonne als 10 mal so hell wie im Petroleumlicht.

*) d. h. nahe dem photogr. Maximum des blauempfindlichen Bromsilbers.

Ferner hat Crova (Analyse des diffusen Himmelslichts C. R. 109. 1889) mit Hülfe des Spektralphotometers für fünf verschiedene Wellenlängen die Intensität der diffusen Strahlung des Himmels mit der Strahlung einer Carcellampe verglichen. Die Messungen wurden zu verschiedenen Tageszeiten mit dem vom Zenith kommenden Himmelslicht auf dem Mont Ventoux, einige auch zu Montpellier, angestellt.

„Die Messungen zeigen deutlich das Ueberwiegen der blauen Strahlen im Himmelslichte. Dieses Ueberwiegen vermindert sich nach Crova vom Morgen bis zum Mittag und nimmt dann wieder zu, ohne dass jedoch in gleichgelegenen Stunden des Nachmittags dieselben Werthe wie Vormittags erreicht wurden. Uebrigens sind die Werthe von Tag zu Tag sehr verschieden." Diese Differenzen müssen sich aber auch in der photographischen Wirkung offenbaren. Je mehr Blau in einer Lichtquelle enthalten ist, desto kräftiger wird das Blau ihres Spektrums auf photographische Platten wirken. Dasselbe gilt für die übrigen Farben und wenn sie dennoch Schumann in allen den Fällen als gleich hinstellt, so beweist er damit nur, dass seine Messungsmethode falsch ist.

Dass aber solche Unterschiede zwischen Sonnen- und Himmelslicht auch photographisch nachweisbar sind, geht am besten aus Beobachtungen mittelst des Spektographen hervor. Hr. Schultz-Hencke machte mit demselben schon 1886 gleichzeitige Spektral-Aufnahmen des Sonnen- und des Himmelslichts an völlig heiteren Tagen mit verschiedenen Expositionen und zwar auf gewöhnlichen Gelatineplatten, welche bekanntlich bei hinreichend langer Exposition ebenfalls das Grün, Gelb und Roth schwach zeichnen. Hierbei musste bis 4 Minuten auf Himmel exponirt werden, um eine gleiche intensive Blauwirkung zu erhalten, wie bei Sonne in $^1/_4$ Sekunde*). Dabei zeigte sich aber in der Wirkung des Sonnen- und Himmelslichts ein überraschender Unter-

*) Dass man nahe 1000 mal so lange exponiren muss, um eine ebenso kräftige Blauwirkung vom Himmelsspectrum zu erlangen als von der Sonne, kann nicht Wunder nehmen insofern als nur ein ganz kleiner Theil des Himmelsgewölbes mit einer Winkelöffnung von nur 8° (bei einem Collimator von 265" Fokus und 37 m Oeffnung) in den Collimator scheint.

schied. Die Wirkung des Himmels ging viel weiter in das Ultraviolett, erstreckte sich aber in den meisten Fällen nicht über die Linie F hinaus. Dagegen ging die Wirkung des Sonnenlichts weniger weit in's Violett, dafür aber auf der anderen Seite bedeutend weiter bis in's Grün und Gelb. Nachstehende Tabelle giebt die Resultate:

Vergleich der Wirkung von Himmel und Sonne nach Schultz-Hencke.

Datum	Spectrum-Anfang.	Spectrum-Ende.	Exposition.	
17./5. 83	λ 370	λ 480	3'	Himmel.
um 1.50 Uhr	371	580	1/4"	Sonne.
26./5. 83	371	500	4'	Himmel.
um 1.30 Uhr	377	580	1/4"	Sonne.
29./5. 83	372	480	4'	Himmel.
um 1 Uhr	376	580	1/4"	Sonne.
28./5. 83	370	480	4'	Himmel.
	374	575	1/4"	Sonne.
26./5. 83	371	490	4'	Himmel.
um $2^1/_2$ Uhr	376	580	1/4"	Sonne.
9./5. 83 um $2^1/_4$ Uhr	370	500	2'	Himmel.
verschleierte S.	376	575	1"	Sonne.

Daraus geht wohl unzweifelhaft hervor, dass die gelben und grünen Strahlen (im Verhältniss zu den blauen) im Himmelslicht photographisch erheblich schwächer wirken, als im Sonnenlicht, während Schumann ihre Wirkung (im Vergleich zum Blau) im Sonnen- und Himmelslicht als gleich angiebt.

Nun kann man aber auch durch praktische Versuche die Unrichtigkeit von Schumann's Behauptungen nachweisen. Wäre, wie er behauptet, die Wirkung von Blau und Gelb sowohl im Sonnen- als auch im Himmelslicht gleich, so müsste die Farbenwirkung beider bei Aufnahme einer Farbentafel ganz dieselbe sein, sowohl im Sonnen- als auch im Himmelslicht. Das ist aber nicht der Fall. Photographirt man eine Farbentafel mit farbenempfindlichen Platten im Mittagsonnenlicht, so wirkt das Gelb ganz erheblich stärker als das Blau; macht man dasselbe Experiment bei blauem Himmelslicht, so ist es umgekehrt.

Somit sind alle Angaben über die gleiche Wirkung der gelben

und blauen Strahlen von Sonne, blauem oder grauem Himmel, wie sie SCHUMANN hinstellt, total falsch.

Wie erklären sich nun diese falschen Resultate? Einfach aus der falschen Messungsmethode mit der sogenannten Anfangswirkung.

SCHUMANN hat dabei eine wichtige, von mir im Vorjahre beobachtete Thatsache ignorirt. Es ist bekannt, dass die Wirkung des Lichts bei photographischen Platten nicht direkt erscheint, sondern erst durch einen nachfolgenden Reduktionsprocess, die sogenannte Entwickelung. Hierbei beobachtet man nun bei Silbereosinplatten, dass das Gelb langsamer entwickelt, wie das Blau. Zuerst kommt letzteres intensiver heraus; später wird das Gelb sichtbar, und erst am Ende der Entwickelung überholt es — bei günstiger Beleuchtung mit weissem Himmelslicht — das Blau, um stärker zu werden als dieses (s. photogr. Mittheil. XXVII, p. 63). Daher fordern Silbereosinplatten Ausentwickelung. Wenn jemand sagt, er hätte solche Platten aus dem Entwickler nehmen müssen, damit sie nicht verschleiern, so können sie auch ihre Empfindlichkeit für Blau und Gelb nicht zeigen. Man nehme daher stets einen nicht zu rasch wirkenden Entwickler mit Bromkalium.

Die Thatsache des ungleichzeitigen Entwickelns von Blau und Gelb erklärt sich von selbst.

Nach EDER ist im Mittel in einer photographischen Gelatine-Platte 13 × 18 cm enthalten 0,412 Bromsilber; daneben enthalten Silbereosinplatten nach meiner Berechnung höchstens 0,00018 Erythrosinsilber. Demnach ist die Menge des Bromsilbers mehr als 2000 mal grösser als die Menge des Erythrosinsilbers.

Nimmt man das Eosinsilbermolecül als 5 fach schwerer an als das Ag Br Molecül, so würden auf 400 Bromsilbermolecüle 1 Eosinsilbermolecül kommen. Somit wird der weisse Strahl zunächst die 500 Bromsilbermolecüle afficiren und natürlich hauptsächlich im blauen Theile, wo er die stärkste Absorption findet. Er wird somit seines blauen Theiles beraubt. Daher wirkt der blaue Theil zuerst. Erst beim weiteren Eindringen in die Schicht, nachdem der Strahl mehrere Eosinsilbermolecüle passirt hat, wird deren Wirkung zum Vorschein kommen, d. h. die im Gelb.

Entwickelt man daher eine Silbereosinplatte, so bemerkt man, wie ich bereits oben gezeigt habe, wie sich das Blau zuerst „entwickelt“, später erst das Gelb. Somit hat das Blau einen Vorsprung bei der Entwickelung, das Gelb kommt erst verspätet zur Erscheinung, wenn der Entwickler hinreichend tief eingedrungen ist. Diese totale Ungleichheit der Entwickelungsbedingungen gestattet gar keinen Vergleich der Empfindlichkeiten der Eosinsilberplatten für Blau und Gelb aus der sogenannten Anfangswirkung.

Die einzig brauchbare Methode ist die Bestimmung der Zeit, die zu der Erreichung einer gewissen Intensität nöthig ist. Zeigt sich bei einer fertig entwickelten Platte, welche Spectren verschiedener Expositionen enthält, dass ein zehn Sekunden belichtetes Spectrum im Blau ebenso intensiv ist als das Gelb in einem nur eine Sekunde belichteten, so darf man nach den bisherigen Erfahrungen annehmen, dass das Blau zehnmal weniger wirkt als das Gelb. Die Bestimmung der chemischen Lichtintensität aus der Zeit der zur Erreichung einer gewissen Färbung nöthig ist, ist eine ganz alte, von ausgezeichneten Wissenschaftsmännern wie Bunsen und Roscoe (Poggendorff's Annalen Bd. 112 pag. 526), Janssen (zur Bestimmung der Helligkeit der Sterne), L. Weber (zur Bestimmung der aktinischen Helligkeit) angewendete (s. photogr. Mittheilungen Märzheft I, 1891 pag. 334 und Aprilheft I, pag. 10) und ist sogar von der französischen Commission zur Beratung photographischer Fragen (Congrès international de photogr. Rapports. Gauthier-Villars. Paris pag. 72) neuerdings empfohlen worden.

Die erwähnten Photometer wurden vorgelegt.

Druck von Georg Reimer in Berlin.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 24. April 1891.** **Nr. 7.**
Ausgegeben am 30. Juni 1891.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Der Vorsitzende eröffnete die Sitzung mit folgender Ansprache:

Wenn eine Gesellschaft wie jetzt die unsrige in höhere Jahre kommt, ergeht es ihr wie dem alternden Einzelnen; Einer um den Andern sterben ihr die Genossen und Freunde ihrer Jugend ab, und es kann kommen, dass sie erst durch ihren Tod wieder an die Bedeutung erinnert wird, die sie einst für sie besassen. Dies trifft einigermaassen zu bei dem Manne, auf dessen Sarg Ihr Vorstand unlängst einen Kranz im Namen der physikalischen Gesellschaft niederlegen liess.

Am 5. d. M. starb Professor

August Röber,

an Jahren unser ältestes Mitglied, denn er war am 11. December 1806 zu Elberfeld geboren, aber auch seinem Eintritt nach eines der ältesten, denn er findet sich als Mitglied aufgeführt zuerst in dem Doppel-Jahrgange 1850—51 unserer „Fortschritte“. Von 1829—36 Lehrer der Mathematik, Physik und Chemie an der höheren Bürgerschule zu Crefeld, von da ab in Berlin lebend, gehörte er jener

Generation von Physikern und Mathematikern an, welche die Berliner physikalische und mathematische Schule gründeten, zu welcher die älteren unter uns als zu ihren Lehrern emporblickten: der Generation der DOVE, MAGNUS, POGGENDORFF, RIESS, denen die erstaunliche Gruppe JACOBI, STEINER, LEJEUNE DIRICHLET, KUMMER sich anreiht. Ausser Hrn. KUMMER lebt von jener Generation, fast ein volles Jahr älter als RÖBER, jetzt nur noch der allverehrte SCHELLBACH. Mit Hrn. SCHELLBACH, der geraume Zeit auch unser Mitglied war, hatte RÖBER das gemein, dass er nicht akademischer Docent wurde, sondern an einer sehr erspriesslichen Lehrthätigkeit an einer höheren Schulanstalt sich genug sein liess. Als STEINER 1835 die städtische Gewerbeschule, jetzt Friedrichs-Werder'sche Ober-Realschule, mit der Universität vertauschte, ward RÖBER sein Nachfolger als Lehrer der Mathematik. Unter dieser Lehrthätigkeit litt freilich seine wissenschaftliche Productivität. Doch zeigen einige theoretische Arbeiten aus früheren Jahren — akustischen, optischen, elektrischen, auch chemischen Inhalts[1]) — was er in dieser Art bei mehr Musse wohl vermocht hätte. Während seines Aufenthaltes in Crefeld hatte er an den wichtigen Stimmgabel-Versuchen des Seiden-Manufacturisten SCHEIBLER theilgenommen, und ihm verdankt man die strengere Gestaltung und Begründung des SCHEIBLER'schen Verfahrens, die Stösse zur Stimmung der Töne zu verwenden. Ein Satz dazu benutzter Stimmgabeln befindet sich noch in der Gewerbeschule. Mit der Akustik dergestalt besonders vertraut geworden, hat dann RÖBER volle fünfundzwanzig Jahre, von 1852 bis 1877, dies Fach in den „Fortschritten" vertreten. Jahrzehntelang ein ständiger Besucher unserer Sitzungen, wiederholt zum stellvertretenden Vorsitzenden erwählt, bei

[1]) Vergl. POGGENDORFF's Biographisch-literarisches Handwörterbuch u. s. w. 1863.



unseren Stiftungsfesten ein wirkungsvoller Redner, stand er im Vorgrunde der Gesellschaft und erschien als eine von deren Stützen. Dazu trug noch bei die nähere Beziehung, in die wir damals zur Gewerbeschule dadurch traten, dass RÖBER's Landsmann und College, der Director GALLENKAMP, unser erst im vorigen Jahre verstorbenes langjähriges Mitglied, uns in ihren Räumen vom Berliner Magistrat ein Sitzungslocal erwirkt hatte. Für die meisten unserer jetzigen Mitglieder ist naturgemäss RÖBER nur noch eine geschichtliche Gestalt. Zwar überlebte er zwanzig Jahre und überwand er mit bewunderungswürdiger Standhaftigkeit das grosse Unglück, welches ihm der Krieg brachte, indem sein hoffnungsvoller Sohn HERMANN RÖBER, der sich schon durch eine Reihe schöner Arbeiten auf elektrophysiologischem Gebiet ausgezeichnet hatte[1]), einer im Felde erworbenen Lungenerkrankung erlag. Doch machte das Alter bei AUGUST RÖBER schliesslich seine Rechte geltend. 1874 legte er sein Lehramt nieder. Allmählich verschwand er aus unseren Versammlungen. Zu seinem achtzigsten Geburtstage überbrachte ihm der Vorstand die Glückwünsche der Gesellschaft. Nun bleibt uns nichts mehr von ihm übrig, als die Erinnerung an einen der trefflichsten Männer, an eine typische norddeutsche Natur, wie sein heimisches Wupperthal sie erzeugt, klaren Kopfes, scharfen Denkens, reger Thatkraft, warmen Herzens und treuen Sinns.

Die Anwesenden erheben sich zum ehrenden Angedenken an den Verstorbenen von ihren Sitzen.

[1]) Vergl. REICHERT's und DU BOIS-REYMOND's Archiv für Anatomie, Physiologie u. s. w. 1876, S. 130.

Hr. **Th. Des Coudres** in Leipzig liess durch Hrn. **W. Wien** eine Mittheilung vorlegen:

Ueber scheinbare Widerstandsänderungen des Quecksilbers durch magnetische Kräfte.

Untersuchungen über das thermoelektrische Verhalten des Quecksilbers nöthigten den Verfasser zu einer Betrachtung der hydrodynamischen Bewegungen, welche in einer von galvanischen Strömen durchsetzten Flüssigkeitsmasse auftreten müssen, falls sich die Flüssigkeit in einem magnetischen Felde befindet.

Fassen wir den denkbar einfachsten Fall ins Auge, dass die Flüssigkeit in ein cylindrisches Rohr eingeschlossen ist und überall gleichmässig parallel der Axe vom elektrischen Strome durchflossen wird. Der Querschnitt des Rohres sei so klein gegenüber dem Gefälle des Magnetfeldes, dass in allen Punkten eines und desselben Querschnittes praktisch die gleiche magnetische Kraft als herrschend angenommen werden kann. Setzen wir überdies das Rohr als geradlinig voraus, so muss offenbar die rechtwinklig auf der Axe stehende Componente der magnetischen Kraft in allen Punkten der Rohraxe ein und dieselbe Grösse und Richtung haben, wenn im Innern der Flüssigkeit keine Wirbelbewegungen auftreten sollen.

Schon verwickelter wird die Gleichgewichtsbedingung, falls es sich um ein gekrümmtes Rohr handelt, wenn die Krümmung auch im Verhältnisse zum Rohrquerschnitte nur so schwach ist, dass die Stromfäden immer noch allenthalben als parallel betrachtet werden können. In diesem Falle müssen zum Beispiele schon im gleichmässigen magnetischen Felde Flüssigkeitswirbel auftreten.

Die Intensität der Wirbel hängt bei gegebener Strom- und Feldstärke wesentlich von den Reibungskoefficienten der Flüssigkeit ab, besonders vom Koefficienten der inneren Reibung.

Als Kompensation der in den Wirbeln verbrauchten Energie wird der galvanische Strom eine Schwächung erfahren. Da aber die Wirbel wegen der Trägheit der Flüssigkeit weder plötzlich entstehen, noch bei Unterbrechung des Stromes sofort verschwinden können, so gilt dasselbe von den durch sie erzeugten elekromotorischen Gegenkräften. Diese Gegenkräfte können in erster An-

näherung der herrschenden Stromstärke proportional gesetzt werden, wirken also wie ein Leitungswiderstand.

Ein flüssiger Leiter wie Quecksilber wird demnach, von gewissen speciellen Fällen abgesehen, im Magnetfelde eine scheinbare Widerstandszunahme erfahren und die scheinbare Widerstandszunahme wird für konstante Ströme grösser sein als für Wechselströme. Bei genügend rascher Periode der Richtungswechsel des Messtromes muss die Widerstandszunahme unter jede beliebige Grenze gedrückt werden können. Dies Verhalten des Quecksilbers hätte eine wenn auch nur äusserliche und scheinbare Aehnlichkeit mit den Verschiedenheiten des Widerstandes von Wismuth in magnetischen Feldern bestimmter Stärke für konstante und für oscillirende Ströme.

Die erwarteten Erscheinungen haben sich mit einfachen Mitteln experimentell vollständig bestätigen lassen. Die vier Seiten eines WHEATSTONE'schen Brückenparallelogramms waren von Quecksilber gebildet, das in 0,4 cm weite Glasrohre von etwa 1,5 m Länge eingeschlossen war. Die grobe Widerstandsabgleichung geschah mit Hülfe eines nach Art der Posaunenzüge verstellbaren U-förmigen Glasrohrstückes in einem der vier Zweige. Zwei in der gewöhnlichen Anordnung der Brückenkombination einander gegenüberliegende Seiten des Vierecks liefen zwischen den Polen eines hufeisenförmigen Elektromagneten hindurch. Derselbe konnte durch einen Strom von mehreren Elementen erregt werden.

Eine derartige Vorrichtung gestattet die scheinbare Widerstandszunahme eines Quecksilberfadens im magnetischen Felde sehr leicht zu demonstriren. Das Galvanometer muss nur empfindlich genug sein, um das Arbeiten mit hinreichend schwachem Maassstrom zu gestatten. Bei Anwendung stärkerer Ströme wirkt die JOULE'sche Erwärmung der Quecksilberleitungen störend. Mit Induktionsströmen und Telephon konnte der Verfasser überhaupt keinen Einfluss der Magnetisirung der beiden Brückenzweige auf die Lage des Tonminimums konstatiren. Die Empfindlichkeit des Telephons für Widerstandsänderungen in der Brückenkombination war jedoch der Empfindlichkeit des Galvanometers weit unterlegen.

Noch bequemer und strenger wird die Richtigkeit unserer Er-

klärung für die Widerstandsvergrösserung unter dem Einflusse des Magneten darum durch folgende Thatsache bewiesen: Sind die Widerstände während konstanter Erregung des Elektromagneten genau so abgeglichen, dass kein dauernder Strom durch das Galvanometer fliesst, so treten doch beim Schliessen und beim Oeffnen des Messstromes bedeutende einmalige Ausschläge des Galvanometers auf in dem Sinne, wie ihn die Theorie verlangt.

Erst durch weitere Versuche wird zu entscheiden sein, ob unter bestimmten Umständen schon der Einfluss des Erdmagnetismus auf einen Quecksilberwiderstand bemerkbar gemacht werden kann. Auch eine Methode zur Bestimmung der Konstanten der inneren Reibung von flüssigen Leitern (Quecksilber und sehr verdünnten Amalgamen etwa) liesse sich vielleicht auf die betrachteten Erscheinungen gründen. In wie weit endlich analoge Vorgänge bei der von Drude und Nernst beobachteten Widerstandszunahme von Quecksilber und geschmolzenem Wismuth im Magnetfelde etwa mitgespielt haben mögen, kann natürlich ebenfalls nur auch durch weitere Untersuchungen entschieden werden.

Mr. Prof. Dr. **Raoul Pictet:**

Description de son laboratoire; premiers résultats obtenus.

Messieurs!

Depuis 1877, époque à laquelle avec des instruments encore assez imparfaits, je pus démontrer qu'il était possible de liquéfier les gaz réputés permanents, j'étais hanté par le désir constant d'établir sur une plus large échelle un laboratoire à basses températures.

En effet j'avais pu me convaincre que la possibilité expérimentale de maintenir les corps à très basses températures et de leur faire subir en même temps des pressions énormes, tout en faisant agir des causes excitatrices, comme l'étincelle électrique, l'effluve, l'électrolyse etc. etc., que cette possibilité, dis-je, ouvrait aux sciences physiques et chimiques un champ nouveau d'investigations du plus haut intérêt.



Hélas pourquoi faut-il que les questions d'argent fassent perdre tant d'années! Les budgets des cabinets de physique, des universités et les ressources ordinaires des particuliers peuvent difficilement couvrir des frais d'installation dépassant de beaucoup cent mille marcs; j'ai donc été forcé d'attendre et de travailler pour me donner la satisfaction, la grande jouissance de réaliser mon rêve.

Après 14 années, j'ai enfin un laboratoire fonctionnant depuis quelques mois d'une façon si exacte et si conforme au programme scientifique que je m'étais proposé, que je désire vous en faire une description sommaire. De plus je vous invite, Messieurs et chers collègues, à venir demain assister à quelques expériences démonstratives.

Le problème à résoudre est celui-ci:

Trouver un système d'appareils permettant de soutirer aux corps en observation la chaleur qu'ils possédent et les maintenir à une température quelconque comprise entre $+20^{\circ}$ et -200° pendant un laps de temps aussi long qu'on le désire.

En discutant un à un tous les moyens connus aujourd'hui d'enlever la chaleur aux corps: dilatation adiabatique de l'air et des gaz, évaporation des liquides volatils, mélanges réfrigérants basés sur les dissolutions de sels, je suis arrivé à cette conclusion qu'il faut partager le champ des températures en 3 étapes au moins, et se servir exlusivement des liquides volatils comme agents frigorifiques.

Il serait trop long d'énumérer les arguments de cette discussion préliminaire, mais je puis affirmer qu'ils reposent sur une observation rigoureuse des faits, associée aux exigences de la construction mécanique des appareils.

Le choix des liquides volatils a fait aussi l'objet d'un long travail. Je ne donne ici que les résultats de cette étude.

Pour la première étape je choisis comme liquide volatil un mélange d'acide carbonique et d'acide sulfureux appelé „Liquide Pictet“. Avec ce liquide je puis obtenir dans de petits réservoirs une température de -90° et dans de grands réfrigérants ayant plusieurs mètres de surface une température de -80° à -83°.

Avec l'acide sulfureux pur on ne dépasse pas —60° à —70° dans les mêmes conditions.

Pour la seconde étape je prends comme origine la température du réfrigérant du premier cycle, c'est-à-dire —80°. En noyant dans ce réfrigérant un condenseur, je peux y condenser les vapeurs d'un liquide beaucoup plus volatil et me servir ensuite de ce liquide pour obtenir la seconde chute de température à —130°.

Ici le choix des liquides est encore plus difficile que pour le premier cycle: l'acide carbonique, le protoxyde d'azote, l'éthylène, se présentent avec des avantages et des défauts presqu'égaux.

L'acide carbonique se solidifie trop vite et doit être écarté nécessairement, bien que son prix et son inocuité relative le mettent très au-dessus de ses concurrents.

Restent les deux autres qui s'excluent l'un l'autre, vu les dangers d'explosion, si on les mélange.

J'ai adopté pour le moment le protoxyde d'azote, produit par la décomposition de l'azotate d'ammoniaque, lavé, purifié et desséché.

Il est comprimé dans un tube résistant, noyé dans le réfrigérant du premier cycle et le liquide obtenu s'engage dans un deuxième réfrigérant semblable au premier, qu'il remplit complètement.

En faisant le vide dans ce réfrigérant No. 2 plein du protoxyde d'azote liquide, on le refroidit, le liquide congéle et si le vide est entretenu par des pompes suffisantes la température atteint —130° à 135° à la limite.

Voilà la 2e étape obtenue, car les vapeurs aspirées hors du réfrigérant No. 2 sont sans cesse refoulées dans le condenseur à —80° et y sont liquéfiées à nouveau de telle sorte que ce 2e cycle est fermé comme le premier.

Une fois que le réfrigérant No. 2 est maintenu d'une façon constante à —130° nous pouvons envisager la 3e chute de température.

Le liquide volatil peut-être à choix: l'oxygène pur, l'azote, l'oxyde de carbone, le gaz des marais, mais le meilleur de tous

est incontestablement l'air atmosphérique que nous avons choisi et qui se liquéfie dans les mêmes conditions, à très peu de chose près, que l'azote pur. Nous le comprimerons dans un tube très résistant noyé dans le protoxyde d'azote solide ou dans l'éthylène, et, une fois l'air liquéfié sous une pression qui reste comprise entre 40 et 90 atmosphères, nous le laisserons s'écouler dans le 3e réfrigérant dont la température par le fait de l'évaporation de l'air liquide atteindra —200 à —210° de température limite.

Pour bien faire comprendre maintenant le mécanisme et la mise en marche de cet énorme appareil dont nous venons d'exposer le principe, nous dirons quelques mots des instruments eux-mêmes.

Le premier cycle est composé de deux compresseurs à vapeur, de construction solide sans aucune complication mécanique quelconque qui pourrait en rendre la marche incertaine.

Le premier compresseur développe au piston 3 mètres cubes par minute et j'ai supprimé les soupapes d'aspiration en prenant un compresseur à tiroir, de telle sorte que les résistances des gaz à l'introduction sont minimum.

Pour éviter l'écueil des espaces nuisibles, inévitables avec les compresseurs à tiroir, j'ai donné au second compresseur une dimension presqu'égale à celle du premier et j'ai fait communiquer l'aspiration du second compresseur avec la compression du premier compresseur. Les deux compresseurs marchent donc en compound.

On obtient facilement un vide de 758 mill. sur 760 de la pression atmosphérique.

Les vapeurs sont aspirées de deux réfrigérants simultanément: l'un sert pour amorcer le 2e cycle, c'est un grand tube de cuivre long de 3 mètres et demi et ayant 18 centimètres de diamètre, traversé de part en part par un tube de 11 centimètres de diamètre qui servira à la liquéfaction du protoxyde d'azote; l'autre réfrigérant est la chambre froide servant aux expériences comprises entre 0° et —80°. Il est composé d'un grand cylindre de cuivre vertical haut de 1,25 m et de 22 centimètres de diamètre

intérieur. Ce cylindre est double de telle sorte que dans le manchon annulaire compris entre les deux cylindres on peut introduire le liquide volatil et maintenir la chambre centrale à n'importe quelle température par le jeu des vannes et des compresseurs.

Ces deux réfrigérants sont placés dans de grandes caisses de bois pleines de coton pour éviter autant que possible l'action du rayonnement.

Les vapeurs, aspirées par les deux compresseurs successivement, sont comprimées et liquéfiées dans un serpentin noyé dans l'eau de puits, sous une pression variant de 1,5 à 2,5 atmosphères. Le liquide descend dans un réservoir muni d'un tube à niveau en verre ce qui permet de connaître toujours la quantité de liquide qui passe par minute. Par le moyen d'un régleur on laisse le liquide volatil retourner aux deux réfrigérants pour y subir une nouvelle volatilisation.

Afin d'éviter l'entrée de l'air dans le circuit dont une longue partie, ainsi que nous l'avons vu, est soumise à un grand vide, les presse-étoupes des deux compresseurs sont coupés par une chambre intermédiaire et cette chambre est mise en communication directe avec un réservoir muni d'un manomètre à mercure.

On peut au moyen de robinets faire communiquer toutes les canalisations du premier cycle avec ce réservoir et par conséquent y maintenir la pression désirable, soit environ 2 à 3 centimètres de mercure, en plus de la pression atmosphérique. Grâce à cette disposition l'air ne peut plus s'engager le long de la tige du piston lorsqu'elle rentre dans l'intérieur du cylindre et les fuites des vapeurs sont nulles vu la très faible pression des gaz sur les garnitures.

Cet artifice, qui a l'air d'un détail, est de la plus haute importance pratique, car sans cela, l'air s'introduisant sans cesse dans le circuit, la pression des gaz dans le condenseur augmenterait constamment et obligerait à de fréquents arrêts pour des purges devenues nécessaires.

A côté des compresseurs, sur un grand tableau placé contre le mur, j'ai réuni tous les manomètres métalliques et les manomètres à mercure qui leur servent de contrôle. D'un seul coup

d'oeil on a de suite toutes les indications de marche du 1[er] cycle et la preuve que tout est conforme.

Deux chaudières à vapeur alimentent les compresseurs, elles sont hors du bâtiment dans une annexe pour éviter la poussière et la chaleur.

Le 2[e] cycle est composé d'abord du grand gazomètre à huile où l'on enmagasine le protoxyde d'azote après sa fabrication, puis d'un appareil à dessécher par l'emploi des basses tempétures. C'est un cylindre à double enveloppe plein de liquide Pictet, maintenu à —60° ou —65°.

Le protoxyde d'azote gazeux est forcé de traverser ce long cylindre et rencontre dans son passage des plaques de cuivre faisant l'office de chicanes et du coton agissant comme filtre. Tous les cristaux de glace qui se forment pendant le trajet sont fixés par le coton qui ne les lâche plus.

Le protoxyde d'azote sort donc chimiquement pur et sec; il pénètre dans les compresseurs du deuxième cycle qui ont la même dimension que ceux du premier cycle.

Ces deux compresseurs sont reliés ensemble par une forte courroie qui court sur les volants afin d'assurer une marche régulière au système, même lorsqu'il faut comprimer les gaz à 12 et 14 atmosphères.

Les gaz pénètrent dans le premier compresseur, de là dans l'aspiration du second compresseur, puis sous pression dans le tube central qui est noyé à —80° dans le premier réfrigérant.

Suivant la vitesse de marche et les besoins des expériences, la température de condensation varie de telle sorte que les pressions de liquéfaction oscillent entre 3,5 et 14 atmosphères. Les compresseurs conservent leur marche absolument régulière malgré ces grands écarts; lorsque la pression maximum de 14 atmosphères est atteinte, le manomètre du vide à l'aspiration du premier compresseur du 2[e] cycle indique encore 735 millimètres.

Le protoxyde d'azote liquide entre aussi dans deux réfrigérants de formes semblables aux deux premiers décrits mais plus petits.

Le premier de ces réfrigérants long de 3 mètres est traversé

par un tube de cuivre d'environ 20 millimètres de diamètre intérieur destiné à la liquéfaction de l'air atmosphérique.

Le protoxyde d'azote remplit tout ce tube et baigne les parois du tube central. Les vapeurs sont aspirées incessamment par les deux compresseurs.

Le 2e réfrigérant constitue l'enceinte destinée aux expériences comprises entre —80° et —135°. C'est un cylindre à double enveloppe remplie de liquide volatil. La partie centrale prend naturellement la température des parois.

Comme les vapeurs aspirées sont constamment liquéfiées à nouveau par le jeu des compresseurs, le cycle est fermé, à marche régulière et continue.

Il est donc possible avec les 4 compresseurs de poursuivre pendant des semaines ou des mois même, une expérience double: l'une à —80°, l'autre à —135°, comme limites, sans aucun arrêt, si aucun accident ne survient aux machines fort robustes du reste.

Le 3e cycle est encore intermittent, c'est-à-dire que nos appareils ne peuvent pas donner comme pour les deux premiers cycles une marche continue. Dans le tube central du deuxième réfrigérant nous pouvons comprimer de l'air atmosphérique parfaitement sec à une pression de 200 atmosphères par le moyen d'une presse hydraulique remplie de glycérine refroidie à —20°.

Pour le faire nous commençons par remplir un réservoir d'acier de 72 litres de capacité avec de l'air à 10 atmosphères, ce réservoir communique avec un deuxième réservoir de 11 litres et ce dernier avec le tube central du deuxième réfrigérant. Le tout étant plein d'air à 10 atmosphères, nous comprimons cet air en introdiusant la glycérine sous pression. Lorsque nous avons obtenu 55 atmosphères, nous éliminons le grand réservoir et nous introduisons la glycérine seulement dans le petit cylindre d'acier de 11 litres qui est éprouvé à 300 atmosphères. Ce réservoir d'acier de 11 litres de capacité est entouré d'une enveloppe de tôle que l'on remplit avec un mélange de glace et de sel à —19° afin d'arrêter encore toute trace de vapeur de glycérine ou d'eau.

Dès que l'on est arrivé à 190 ou 200 atmosphères on a déjà dépassé, et de beaucoup, la pression nécessaire à la liquéfaction.



On commence, au début de ces expériences, par garder cette pression plusieures heures, afin de s'assurer de la parfaite étanchéité de tous les appareils sous ces énormes pressions. Lorsque les manomètres restent bien fixes on introduit le protoxyde d'azote dans le deuxième réfrigérant et on abaisse la température progressivement.

On constate alors que la pression indiquée au manomètre recule d'abord très-légèrement, de quelques atmosphères seulement, tant que la température du point critique de l'air n'est pas atteinte, mais aussitôt que le thermomètre indique -120^{0}, alors la pression tombe d'un seul coup à 90 atmosphères et progressivement jusque à 40 atmosphères à -135^{0}.

Si l'on observe que la pression initiale étant 200 atmosphères elle se réduit à 80 ou 90 atmosphères pour une température de -125^{0} on peut en tirer la preuve absolue de la liquéfaction de l'air introduit car le volume des gaz refroidis à l'intérieur du tube de 3 mètres de longueur et de 20 milli. de diamètre correspond à environ 1 litre, tandis que le volume restant dans le réservoir d'acier de 11 litres est encore de 2 litres au minimum.

En refroidissant 1 litre de gaz de 0^{0} à -125^{0} le volume devient

$$v^{-125} = (1 - \tfrac{1}{273}\, 125) \text{ litre} = 0{,}542 \text{ litre.}$$

Si la pression reste constante le volume du tube doit se réduire à 0,542 litre; au lieu de cela le volume du tube peut être, sans grande erreur, considéré comme constant, donc la pression finale P serait donnée par la formule:

$$200 \text{ atm.} \times 0{,}542 \text{ litre} = P \times 1 \text{ litre.}$$

$$P = 108{,}4 \text{ atmosphères.}$$

Nous voyons que la pression totale se ramène à 90 atmosphères au maximum au moment de la liquéfaction, donc les 2 litres de réservoir ont envoyé un poids d'air égal à

$$2 \times 1{,}293 \times (200 - 90) \text{ atm.} = 284 \text{ grammes d'air,}$$

qui, ajoutés au poids d'air qui se trouvait dans le tube auparavant égal à:

$$1 \times 200 \times 1{,}293 = 258 \text{ grammes}$$

forment un total d'air liquéfié égal à 542 grammes. Ces chiffres du reste ne sont qu'approximatifs car il faut connaître exactement,

à ces basses températures et sous ces fortes pressions, les variations dans les dimensions du tube, puis calibrer ce tube d'une façon précise.

Quoiqu'il en soit, la loi de MARIOTTE et de GAY-LUSSAC est remplacée ici par la loi des tensions maxima de vapeur, c'est la véritable démonstration expérimentale de la liquéfaction de l'air atmosphérique.

Pour hàter la liquéfaction de l'air et avoir une réserve d'air comprimé sous haute pression, qui permette d'obtenir toutes les 30 minutes un tube d'air liquide, nous employons trois grands réservoirs d'acier, uniques en leur genre, fournis par la maison Berninghaus de Duisburg; ils ont 6,5 m de longueur et 70 centi de diamètre. Ils sont d'une seule pièce en acier MARTINS et peuvent résister à une pression intérieure de 300 atmosphères.

En remplaçant dans quelques mois la presse hydraulique à main par une pompe à vapeur, le 3e cycle sera aussi complet et fermé et les observations à -200^0 se feront avec la même régularité que celles à -80 ou à -130^0.

L'air liquide en s'échappant du réfrigérant où il est liquéfié prend une superbe couleur bleu de ciel, que ni l'éthylène, ni le protoxyde d'azote ne présente dans les conditions analogues.

Pour résumer tout ce que nous venons de dire nous allons suivre la série des opérations en supposant que les 3 cycles soient en fonctionnement au même moment:

La chaleur soutirée aux corps mis en présence de l'air liquide est cédée à une température comprise entre -150^0 et -210^0, elle est transportée sous forme de potentiel, ou de chaleur latente de vaporisation, dans le réfrigérant No. 2. Là cet air se liquéfie et cède cette chaleur au protoxyde d'azote solide qui le met en vapeur.

La chaleur absorbée par le protoxyde d'azote doit être égale à la chaleur apportée par les vapeurs d'air atmosphérique augmenté de l'effet du rayonnement dans le troisième et le deuxième réfrigérant, effet très considérable comme nous le verrons plus loin.

La chaleur spécifique des gaz comprimés par les pompes, pé-

nétrant dans les réfrigérants, intervient aussi comme apport de chaleur à soutirer.

Les vapeurs de protoxyde d'azote sont comprimées à leur tour dans le premier réfrigérant, apportant avec elles la totalité de la chaleur dont nous venons d'indiquer la provenance et la somme.

Les vapeurs du liquide Pictet qui se forment dans le premier réfrigérant vont porter cette chaleur dans l'eau de puits qui entre à $+10^{\circ}$ dans le condenseur et sort à $+15^{\circ}$ ou 18° dans l'égoût.

Ainsi de -200° à $+18^{\circ}$ par 3 étapes successives, la chaleur des corps refroidis, s'augmentant de tous les affluents inévitables, s'élève progressivement à des températures toujours plus hautes et consomme le travail mécanique des divers compresseurs qui accomplissent ces trois cycles.

En somme la dépense du charbon ou travail mécanique a pour effet d'élever de la chaleur d'une température inférieure très basse à la température ambiante et cela avec 3 réservoirs intermédiaires, ou ruptures de charges, comme le ferait une pompe à trois étages qui pomperait de l'eau du fond d'une mine profonde au moyen de 3 canalisations placées à niveaux différents.

Telle est d'une façon générale la disposition mécanique des instruments en fonctionnement dans mon laboratoire et la théorie sur laquelle ils sont basés.

Premiers résultats obtenus.

La première observation que j'ai faite avec ces appareils, dès leur mise en marche, concerne l'étude du rayonnement de la chaleur à basse température.

Ayant refroidi le 1er et le 2e réfrigérant des deux premiers cycles avant que le manteau de coton qui les entoure fût posé, j'observais la vitesse avec laquelle le réchauffement des deux appareils s'effectuait. Je notais le temps et la température.

Cela fait, je fis envelopper soigneusement les réfrigérants d'une couche de 60 centimètres de coton entourée de fortes caisses de bois, le tout sans ouverture permettant la circulation de l'air.

En répétant de nouveau l'expérience, c'est-à-dire en observant la vitesse de réchauffement des dits appareils recouverts de sub-

stances isolatrices, je constatai que le réchauffement s'effectuait pour les très basses températures —135° à —100° à peu près comme si les appareils étaient nus.

Ce n'est que vers —100° et surtout depuis —50° que les deux courbes diffèrent sensiblement.

Ces expériences, qui vont être reprises d'une façon rigoureuse pour établir les nombres des paramètres, m'ont conduit à la formule suivante qui exprime la quantité dQ qui entre dans un élément de temps dt:

$$dQ = \left[\frac{K}{a+T} + \frac{CS}{E}\right][T'-T]dt \quad \text{calories,}$$

dans laquelle.

K et a sont des constantes.

T est la température absolue du réfrigérant.

T' est la température absolue ambiante.

C est la quantité de chaleur qui traverse dans l'unité de temps l'unité de surface ayant l'unité comme épaisseur, de la substance isolatrice.

S est la surface du corps refroidi en contact avec le manteau isolateur.

E est l'épaisseur absolue du manteau isolateur.

t est le temps d'observation.

Le premier terme du second membre varie considérablement avec la valeur de T. Il est possible aussi que K et a varient aussi faiblement avec T et soient des fonctions implicites de la température.

On peut admettre que les vibrations de l'éther correspondant aux basses températures traversent les corps plus facilement que les vibrations des températures supérieures. De même que les rayons rouges traversent l'atmosphère chargée de poussières ou de fumée, pendant que les rayons bleus sont absorbés, de même les vibrations plus basses de —130° et —100° traversent le coton, la laine, le bois et sont susceptibles de chauffer un corps froid.

En somme, l'ensemble des vibrations émises par les corps chauds autour de l'enceinte contient toutes les vibrations du 0

absolu jusqu'à la température ambiante T'. Celles qui correspondent à —120°, —100°, —90° sont susceptibles à la fois de traverser presque sans absorption les manteaux isolateurs et de réchauffer un corps ayant —135° —120° —100°.

C'est au moins de cette manière que nous trouvons une explication rationelle des courbes obtenues.

Mesure des températures. Pour mesurer les températures aussi basses que celles que nous atteignons dans les 3 cycles décrits, nous nous servons du thermomètre: hydrogène sec, sous faible pression, environ 400 millimètres.

Nous comparons tous nos themomètres à alcool avec le thermomètre à hydrogène et nous admettons que la loi de MARIOTTE et de GAY-LUSSAC est rigoureuse pour l'hydrogène à ces faibles pressions.

Dès que nous aurons une méthode précise pour contrôler ce postulat, nous modifierons suivant les cas les nombres actuellement admis.

Purification absolue du chloroforme.

A l'instigation très instante de M. le Professeur Geheimrath O. LIEBREICH, nous avons entrepris la purification du chloroforme. Comme on sait, ce corps est très facilement décomposable, il est fabriqué par la réaction du chlorure de chaux sur des alcools de provenances fort diverses et dont la pureté laisse toujours, quoi qu'on fasse, beaucoup à désirer.

Le chloroforme e chloralo contient, lui-aussi, des produits accessoires dont on ne parvient pas à le débarrasser complètement.

Nous avons eu le bonheur de trouver un procédé simple, dont le caractère essentiel est la purification absolue et totale du chloroforme par voie de cristallisations successives à —80° et —100°.

Les cristaux limpides, parfaitement transparents sont constitués par du chloroforme chimiquement pur.

Il faut espérer que les chirurgiens, qui redoutent toujours les narcoses par l'emploi du chloroforme ordinaire, auront maintenant dans les mains un produit qui écartera les dangers de l'anesthésie.

Nous sommes heureux de penser que le premier travail

pratique sorti de notre laboratoire ait pour effet une amélioration réelle dans les moyens de soulager l'humanité souffrante.

Mercure cristallisé.

Nous avons constaté que le mercure se congèle en superbes cristaux ressemblant à des fougères arborescentes lorsqu'on le refroidit lentement, par rayonnement, dans une enceinte froide.

Nous avons photographié ces cristaux dont quelques uns ont jusqu'à 30 millimètres de longueur.

Distillation continue de l'alcool.

Nous avons obtenu par la condensation des vapeurs d'alcool dans le réfrigérant du 1er cycle la distillation continue des moûts en fermentation. Il suffit de faire l'opération de la distillation dans le vide, condenser les vapeurs à très basse température, pour les fixer et ne pas les laisser se perdre dans les pompes à vide, puis renouveler avec du sucre par la partie transformée en alcool. L'opération a été prolongée plusieurs semaines sans difficulté.

Nous ferons bientôt une nouvelle communication sur les autres résultats obtenus dans notre laboratoire.

Druck von Georg Reimer in Berlin.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 8. Mai 1891.** **Nr. 8.**
Ausgegeben am 15. September 1891.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Nachdem der Kassirer Hr. **G. Hansemann** den Rechnungsabschluss für das abgelaufene Geschäftsjahr vorgelegt, wird ihm Entlastung ertheilt und sein Voranschlag für Einnahmen und Ausgaben des neuen Geschäftsjahres genehmigt.

In der darauf folgenden Vorstandswahl werden sämmtliche Mitglieder des Vorstandes wiedergewählt.

Hr. **R. Börnstein** demonstrirte dann einige

lichtelektrische Versuche

nach Angaben der HHrn. Elster und Geitel unter Benutzung der in Wied. Ann. XLII, 564-567. 1891 beschriebenen Apparate sowie einer neuern Vorrichtung, bei welcher die Entladung durch Bestrahlen von metallischem Natrium erfolgt.

Geschenke.

G. H. Darwin. On the harmonic analysis of tidal observations of high and low water. S.-A. Proc. of the Roy. Soc. S. 48.

C. Lang. Bühler's Hagelstatistik und vorläufige Mittheilung einer sekularen Periode der Hagel und Blitzgefahr. S.-A. Meteorol. ZS. Januar-Heft 1891. S. 6.

R. Sissingh. Metingen over Kerr's Verschijnsel bij Magnetisatie evenwijdig aen het spiegelend oppervlak. Amsterdam 1890. Joh. Müller.

G. Mengarini. Elettrolisi colle correnti alternanti. S.-A. Reale Accad. dei Lincei, Ser. 4, Vol. VI. Seduta del 6 gennaio 1889.

Annuario del Observatorio astronómico nacional de Tacubaya para el año de 1891. Formado bajo la dirección de Ingeniero Angel Anguiano. (Año XI.) México 1890.

Proceedings of the Rochester Academy of Science. Vol. I, Broschure I, page 1-100. Rochester 1890.

E. Pini. Osservazioni meteorologiche eseguite nell'anno 1890 col riassunto composto sulle medisime. (R. Osservatorio astronomico di Brera in Milano.)

Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen im Jahre 1890. Herausgegeben von dem Königl. Preussischen Meteorologischen Institut durch W. v. Bezold. (Deutsches Meteorologisches Jahrbuch für 1890. Beobachtungssystem des Königreichs Preussen und benachbarter Staaten. Heft II). Berlin 1891. A. Asher & Co.



Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 29. Mai 1891.** Nr. 9.
Ausgegeben am 15. September 1891.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **L. Arons** liess durch Hrn. **H. Rubens** folgende Mittheilung machen:

Ein electrolytischer Versuch.

Bringt man in eine electrolytische Zelle, welche $CuSO_4$-Lösung zwischen Kupferelectroden enthält, einen Kupfercylinder, so wird wegen des viel höheren Leitungsvermögens des Metalls ein Theil des durch die Zelle geschickten Stromes im Kupfercylinder verlaufen. An den Stellen, an welchen die Stromlinien in den Cylinder eintreten, wird Kupfer niedergeschlagen werden, an den Austrittsstellen die gleiche Kupfermenge in Lösung gehen. Ist der Kupfercylinder um seine wagerechte Axe leicht drehbar angebracht, so wird er bei Stromschluss zu rotiren beginnen, da die der Anode gegenüberstehende Hälfte schwerer, die andere leichter wird. Da das Leitungsvermögen des Kupfers dasjenige der Lösung so bedeutend übersteigt, kann man sich eines Hohlcylinders bedienen, ohne dass die Zahl der durch das Metall gehenden Stromlinien wesentlich vermindert wird. Dieser Umstand ermöglicht es, eine sehr grosse Beweglichkeit des Cylinders bei ganz roh gearbeiteten Axenlagern zu erzielen. Man kann nämlich die Wanddicke des Hohlcylinders leicht so berechnen, dass der an den Enden geschlossene Cylinder in einer concentrirten $CuSO_4$-Lösung schwimmt,

in Wasser dagegen untersinkt; es lässt sich dann eine Concentration herstellen, in welcher der Cylinder nur eben untersinkt, mithin auf sein Axenlager fast gar keinen Druck ausübt.

Der kleine, der Gesellschaft vorgeführte Apparat bestand aus einem länglichen Glasgefäss mit viereckigem Querschnitt. Der Kupfercylinder, welcher fast die ganze Breite des Kastens ausfüllte, hatte bei einer Höhe von 4,5 cm einen Durchmesser von 10 cm. Die Wandstärke betrug etwa 1,8 mm. An den Enden war er durch eingekittete Hartgummiplatten geschlossen, durch welche die Axe, ein Glasstäbchen von 1 mm Durchmesser, nach beiden Seiten um wenige Millimeter hervorragte. Die Axenlager bestanden aus kleinen dreieckig eingefeilten Hartgummiplättchen, welche an die Wand des Glasgefässes angekittet waren. Der Cylinder drehte sich langsam und continuirlich bei Strömen von 0,1 bis 1 Ampere; die Bewegung verlangsamt sich allmählich, in erster Linie wohl dadurch, dass die Cylinderoberfläche durch die Electrolyse rauh wird; bei längerem Laufen (mehrmaliger ganzer Umdrehung) schien die Bewegung regelmässiger zu werden. Gelegentliche Versuche ergaben eine angenäherte Proportionalität der Umdrehungsgeschwindigkeit mit der Stromintensität. Genauere Versuche waren an dem vorhandenen Apparat nicht auszuführen. Möglicherweise aber könnte das Princip in der Hand eines geschickten Technikers zur Construction eines continuirlichen electrolytischen Electricitätszählers (für Gleichstrom) führen.

Hr. **B. Weinstein** sprach darauf

über das Verhältnis des Kilogramms zu seinem Definitionsbetrag.

Hr. **A. König** demonstrirte einen vom Mechaniker des hiesigen Physiologischen Instituts Hrn. W. Oehmke ersonnenen

Farbenkreisel, bei dem das Verhältnis der Sectoren während der Rotation geändert werden kann.



Das Constructionsprinzip besteht in einer Umkehrung der neuerdings vielfach bei Fernrohr-Ocularen benutzten Schneckenverschiebung an Stelle des Triebes durch Schraube und Zahnstange. Das Nähere wird an anderer Stelle durch Zeichnungen erläutert werden.

Geschenke.

CHRISTIAN HUYGENS. Oeuvres complètes publiées par la société hollandaise des sciences. Tome III. Correspondance 1660-1661. La Haye 1890. Martinius Nijhoff.

A. GENOCCHI. Première partie du chapitre XIII de la Note sur la théorie des residus quadratiques. — L. KRONECKER. Beweis des Reciprocitätsgesetzes für die quadratischen Reste. — Nachruf an PAUL DU BOIS-REYMOND. S.-A. CRELLE's Journ. Bd. 104.

P. BENOIT. Ueber Differentialgleichungen, welche durch doppeltperiodische Funktionen zweiter Gattung erfüllt werden. (Wissensch. Beilage zum Progr. des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums in Berlin. Ostern 1891.) (2 Expl.)

P. STÄCKEL. Ueber die Differentialgleichungen der Dynamik und den Begriff der analytischen Aequivalenz dynamischer Probleme. S.-A. CRELLE's Journ. Bd. 107.

P. STÄCKEL. Ueber die Integration der HAMILTON-JACOBI'schen Differentialgleichung mittels Separation der Variablen. Habilitationsschrift der Philos. Facultät der ver. Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg. Halle a./S. 1891.

L. KRONECKER. Ueber die DIRICHLET'sche Methode der Werthbestimmung der GAUSS'schen Reihen. S.-A. Festschrift der Math. Gesellsch. in Hamburg anlässlich ihres 200 jährigen Jubelfestes. Leipzig. B. G. Teubner 1890.

B. SCHWALBE. Ueber die Ausführung der technischen Excursionen im Anschluss an den chemischen und physikalischen Unterricht und die Möglichkeit der Einrichtung eines physikalisch-praktischen Unterrichtes an höheren Schulen. S.-A. Verh. d. Ges. deutsch. Naturf. u. Aerzte. Bremen 1890.

L. KRONECKER. Die Decomposition der Systeme von n^2 Grössen und ihre Anwendung auf die Theorie der Invarianten. — Ueber orthogonale Systeme. — Ueber Composition der Systeme von n^2 Grössen mit sich selbst. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. vom 6. und 20. Juni 1889, 22. Mai, 5. und 19. Juni, 17. und 31. Juli 1890.

G. E. HALE. Photography of the solar prominences. S.-A. Technology Quarterly. Vol. III, No. 4. November 1890.

L. KRONECKER. Zur Theorie der elliptischen Funktionen. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. 14. und 28. März, 4. April 1889, 30. Jan., 6. Febr., 13. und 20. März 1890.

— — Ueber eine summatorische Funktion. S.-A. Sitzber. der Berl. Akad. 31. Okt. 1889.

— — Algebraische Reduktion der Schaaren bilinearer Formen. — Algebraische Reduction der Schaaren quadratischer Formen. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. 27. Nov. 18. Dec. 1890, 8. und 15. Jan. 1891.

— — Zur Theorie der elliptischen Functionen. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. 31. Jan. 1889.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 12. Juni 1891.** Nr. 10.
Ausgegeben am 15. September 1891.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **H. E. J. G. du Bois** sprach:

Ueber Reflexionserscheinungen an gewissen lichtabsorbirenden Körpern.

Die Beobachtungen wurden im senkrecht reflectirten, polarisirten Lichte ausgeführt. Als spiegelnde Körper kamen zur Verwendung: 1) reguläre pentagonal-hemiedrische Krystalle (Pyrit, Cobaltglanz); 2) geschliffene Metalle; 3) stark gespannter Stahl; 4) sog. Kathodenspiegel. Ueber die verschiedenen Resultate wird an anderer Stelle im Zusammenhang berichtet werden.

Hr. **W. Scheel** berichtete darauf über seine Versuche betreffend

die Ausdehnung des Wassers mit der Temperatur.

Der Inhalt des Vortrages isi bereits veröffentlicht.

Hr. **K. Feussner** sprach

über den Widerstand der Legirungen von Nickel und Kupfer.

Das Referat über diesen Vortrag wird in einer spätern Nummer veröffentlicht werden.

Hr. **Nicolajeff** (a. G.) demonstrirte einige elektrische Versuche.

Geschenke.

L. KRONECKER. Ueber die arithmetischen Sätze, welche LEJEUNE-DIRICHLET in seiner Breslauer Habilitationsschrift entwickelt hat. — Bemerkungen über DIRICHLET's letzte Arbeiten. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. 5. u. 12. April 1888.

— — Zur Theorie elliptischer Funktionen. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. 21. Febr. 1889.

— — Bemerkungen über die Darstellung von Reihen durch Integrale S.-A. CRELLE's Journ. Bd. 105.

— — Ueber den Zahlenbegriff. S.-A. CRELLE's Journ. Bd. 101.

— — Ein Fundamentalsatz der allgemeinen Arithmetik. S.-A. CRELLE's Journ. Bd. 100.

— — Bemerkungen über die JACOBI'schen Thetaformeln. S.-A. CRELLE's Journ. Bd. 102.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 26. Juni 1891.** **Nr. 11.**
Ausgegeben am 15. September 1891.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **F. Richarz** (Bonn, auswärtiges Mitglied) sprach:

Zur kinetischen Theorie mehratomiger Gase.

I. Hr. L. Boltzmann hat eine Theorie des „Wärmegleichgewichts zwischen mehratomigen Gasmolekeln" entwickelt[1]), welche zu wesentlichen Voraussetzungen hat, dass die $\mathfrak{r}$-Atome einer Molekel als frei bewegliche Massenpunkte angesehen werden, zwischen denen Centralkräfte wirksam sind. Wenn der Schwerpunkt einer Molekel zum Coordinatenanfang gewählt wird, so sind die Coordinaten von $\mathfrak{r}-1$ Atomen und die Geschwindigkeitscomponenten aller $\mathfrak{r}$ Atome die unabhängigen Variabeln, welche den Zustand der Molekel bestimmen. Boltzmann leitet einen Ausdruck ab für die Wahrscheinlichkeit dW, dass jene unabhängigen Variabeln sich innerhalb gegebener unendlich kleiner Intervalle befinden. Aus dem Werthe für dW zieht er sodann folgende Schlüsse: Der Zustand der Molekel hängt nur von der Temperatur ab. Bei gegebener Lage und Geschwindigkeit ist für jedes Atom jede Richtung gleich wahrscheinlich. Der Mittelwerth einer Function allein der Geschwindigkeiten kann unmittelbar berechnet werden. Bezüglich der lebendigen Kraft ergiebt sich: Der Mittelwerth der gesammten lebendigen Kraft eines Atoms ist gleich dem Mittelwerth

[1]) L. Boltzmann, Sitzungsber. d. Wiener Akad., mathem. Cl., LXIII, p. 417, 1871.



der lebendigen Kraft der fortschreitenden Bewegung der ganzen Molekel.

II. Weitere Schlüsse lassen sich ziehen, wenn man den CLAUSIUS'schen Satz vom Virial hinzunimmt[1]). Derselbe gilt für Systeme freier Punkte, bei welchen Coordinaten und Geschwindigkeiten sich nicht fortdauernd im selben Sinne ändern, sondern innerhalb gewisser Grenzen bleiben. Sind L die gesammte lebendige Kraft des Systems, XYZ die Componenten der auf den Punkt xyz wirkenden Kraft, so sind folgende Mittelwerthe, über hinreichend lange Zeit genommen, einander gleich:

$$\overline{L} = -\tfrac{1}{2}\Sigma(\overline{Xx+Yy+Zz}).$$

Die Σ hat CLAUSIUS das „Virial" genannt. Bei Centralkräften $f(r)$ wird der Satz

$$\overline{L} = \tfrac{1}{2}\Sigma\overline{rf(r)}.$$

Den Virialsatz kann man anwenden erstens auf die innere Bewegung der Atome in der Molekel; zweitens — wie schon von CLAUSIUS geschehen — auf die Bewegung der Molekeln in einem abgeschlossenen Volumen unter dem Einflusse äusseren Druckes p. Es werde angenommen, dass die Molekeln auf einander keine Kräfte ausüben. Die gesammte lebendige Kraft in der Volumeneinheit werde mit A bezeichnet, mit $f(r)$ die Kräfte, welche die Atome derselben Molekel untereinander ausüben. Dann ergiebt der Virialsatz

$$A = \tfrac{3}{2}p + \tfrac{1}{2}\Sigma\overline{rf(r)}.$$

Wird die gesammte lebendige Kraft der fortschreitenden Bewegung aller Molekeln mit A_a, diejenige der inneren Bewegung der Atome mit A_i bezeichnet, so ist $A_i = \tfrac{1}{2}\Sigma\overline{rf(r)}$ und also $A_a = \tfrac{3}{2}p$ wie bei Molekeln, die als materielle Punkte angesehen werden. Bei zweiatomigen Molekeln wird nach BOLTZMANN's Theorie

$$A_i = A_a; \quad \text{also} \quad \Sigma\overline{rf(r)} = 3p.$$

Die zwischen den Atomen wirksame Kraft sei eine Anziehung, umgekehrt proportional der $n$ten Potenz der Entfernung; also

[1]) CLAUSIUS, Sitzungsber. der Niederrhein. Gesellsch. XXVII., p. 114, 1870. POGG. Ann. CXLI. p. 125, 1870.

$$f(r) = \frac{c^2}{r^n}; \quad rf(r) = \frac{c^2}{r^{n-1}}.$$

Die potentielle Energie derselben ist dann

$$\varphi(r) = -\frac{c^2}{n-1} \cdot \frac{1}{r^{n-1}} \quad \text{und also} \quad \Sigma\overline{\varphi(r)} = -\frac{1}{n-1} 3p$$

$\Sigma\overline{\varphi(r)}$ ist die negativ genommene Arbeit oder Wärmemenge, welche der Volumeneinheit zuzuführen ist, um die Atome aus der Entfernung r bis in unendliche Entfernung zu trennen, oder die zur Dissociation erforderliche Wärmemenge. Bezüglich dieser liegen für zwei Gase experimentelle Daten vor; für Untersalpetersäure, welche bezüglich ihrer Dissociation aus N_2O_4 in $2 \times NO_2$ sich ganz wie ein 2atomiges Gas verhält, directe Messungen von Berthelot und Ogier[1]); für Joddampf eine Berechnung von Boltzmann[2]) aus Versuchen von Meier und Crafts[3]). Bei Einführung der betreffenden Werthe in die letzte Gleichung ergiebt sich der Exponent n aus der Zahl für N_2O_4 zu $n = 1{,}2$; aus der Zahl für J_2 zu $n = 1{,}3$.

III. Eine zweite Berechnung des Exponenten n folgt aus dem Verhältnisse der specifischen Wärmen.

E sei die gesammte Energie der Volumeneinheit, T die Temperatur. Dann ist

$$\frac{dE}{dT} = \frac{dA_a}{dT} + \frac{dA_i}{dT} + \frac{d\Sigma\overline{\varphi(r)}}{dT}.$$

Mit Hülfe des Satzes vom Virial und des Boltzmann'schen Resultates für das Verhältniss von A_a und A_i ergiebt sich bei Molekeln von $\mathfrak{r}$-Atomen

$$\frac{dE}{dT} = \frac{2 + (n-3)\mathfrak{r}}{n-1} \frac{dA_a}{dT}$$

dE/dT ist durch die specifische Wärme C_v bei constantem Volumen, dA_a/dT durch dp/dT und dieses durch $C_p - C_v$ auszudrücken. Es resultirt die Gleichung:

$$2(n-1) = 3(k-1)[2 + (n-3)\mathfrak{r}] \quad \text{wo} \quad k = \frac{C_p}{C_v}.$$

---

[1]) Berthelot und Ogier, Ann. d. chim. et d. phys. (5) XXX, p. 382, 1883.

[2]) Boltzmann, Wiedem. Ann. XXII, p. 39, 1884.

[3]) Meier und Crafts, Ber. d. deutsch. chem. Gesellsch. XIII, p. 851, 1880.

Für $\mathfrak{r} = 2$ und $k = 1,41$ wird $n = 6,4$;
für $\mathfrak{r} = 3$ und $k = 1,3$ wird $n = 6,1$.

Die Werthe für n aus den Dissociationswärmen einerseits, und aus dem Verhältniss der specifischen Wärmen andererseits stehen also in Widerspruch. Es müssen also irgendwo unzulässige Annahmen gemacht worden sein. Der Widerspruch lässt sich schon beseitigen, wenn statt des einfachen Ausdruckes für die Kraft zwischen den Atomen ein zweigliedriger von der Form

$$f(r) = \frac{c^2}{r^n} + \frac{d}{r^\nu}$$

eingeführt wird. Dann existirt keine einfache Beziehung zwischen Virial und Potential mehr. Aus Druck, Dissociationswärme und specifischen Wärmen ergeben sich Gleichungen von geringerer Anzahl als Constanten zur Verfügung stehen.

IV. Obwohl also ein einfaches Kraftgesetz unstatthaft ist, sollen doch noch einige Berechnungen über molekulare Grössen durchgeführt werden für die Annahme des Newton'schen Gesetzes bei zweiatomigen Molekeln. Es lässt sich zeigen, dass durch den Zwang, der hiermit den Thatsachen angethan wird, die sich ergebenden Resultate nicht in ihrer Grössenordnung geändert werden.

Der Boltzmann'sche Ausdruck für die Wahrscheinlichkeit dW eines gewissen Zustandsintervalls einer Molekel führt für den Mittelwerth einer Function ψ des Abstandes r der beiden Atome zu dem Resultate $\overline{\psi(r)} = \psi(0)$ wenn $r = 0$ nicht ausgeschlossen wird, und bei Ausschluss von $r = 0$ zu dem unbestimmten Resultate $\overline{\psi(r)} = \psi(\delta)$ wo δ eine sehr kleine Grösse ist.

Der Virialsatz und die Dissociationswärme liefern bei Annahme des Newton'schen Gesetzes Gleichungen für den Mittelwerth von $1/r$, woraus aber nicht unmittelbar auf $\bar{r}$ geschlossen werden kann. Hierzu kann man aber auf einem Umwege gelangen. Die Boltzmann'sche Wahrscheinlichkeit dW liefert einen Ausdruck für die Wahrscheinlichkeit, dass die innere Energie einer Molekel

$$L_i - \frac{c^2}{r} = E_i$$

zwischen E_i und $E_i + dE_i$ liege. Es ergiebt sich, dass Werthe

von E_i, welche nahe $= -\infty$ sind, an Zahl ausserordentlich überwiegen gegenüber allen anderen Werthen. Daraus folgt, dass elliptische Bahnen von sehr kleinen Dimensionen gegenüber allen anderen weitaus am häufigsten sind. Wird für ein Atom der Radius vector zum Schwerpunkt der Molekel mit ϱ bezeichnet, so ist für einen Umlauf und also auch für eine Zeit, welche gegenüber einem Umlaufe gross ist, der Mittelwerth von $1/\varrho$ gleich $1/a$, dem reciproken Werthe der halben grossen Axe. $\overline{1/r}$ ist in einfacher Weise durch $\overline{1/\varrho} = 1/a$ ausdrückbar. Nach dem Satze vom Virial ist $2\overline{L_i} = c^2\overline{1/r}$; es ergiebt sich also eine einfache Beziehung zwischen $\overline{L_i}$, dem Mittelwerth von L_i für einen Umlauf, und a. Aus Boltzmann's Theorie lässt sich nun schliessen, dass nahezu kreisförmige Bahnen sehr viel häufiger sind, als gestreckte. L_i wird also während eines Umlaufes bei den meisten Molekeln nicht stark variiren. Es soll dann angenommen werden, dass für den Mittelwerth von L_i über einen Umlauf dasselbe Vertheilungsgesetz gilt, wie für L_i selbst. Letzteres lässt sich nun unmittelbar aus der Boltzmann'schen Wahrscheinlichkeit dW berechnen, und bei den gemachten Annahmen ist dadurch auch das Vertheilungsgesetz für die grossen Halbaxen a ermittelt.

Der Mittelwerth von ϱ selbst für einen Umlauf liegt je nach dem Werthe der Excentricität zwischen a und $\frac{3}{2}a$. Vermöge des abgeleiteten Vertheilungsgesetzes von a lässt sich der Mittelwerth von ϱ für alle beliebigen Werthe von a berechnen. Als Resultat dieser Ableitungen ergiebt sich eine Beziehung von der Form $q/\overline{r} = \overline{1/r}$. Der mittlere Abstand der beiden Atome soll nun gleich gesetzt werden dem sogenannten Durchmesser einer Molekel, wie er sich aus der kinetischen Gastheorie ergiebt; also gleich 10^{-8} cm. Ferner soll die Zahl der Molekeln in 1 ccm Gas zu 10^{20} angenommen werden. Dann kann die Constante c^2 der Kraft zwischen den Atomen berechnet werden einerseits aus der Gleichung für die Dissociationswärme $W = c^2\Sigma\overline{1/r}$, andererseits aus der Gleichung, welche der Virialsatz und die Boltzmann'sche Beziehung $L_i = L_a$ für den Druck ergiebt: $3p = c^2\Sigma\overline{1/r}$. Die Berechnung, welche selbstverständlich sehr unsicher ist, ergiebt aus den Werthen für W die



Constante c^2 gleich 1 bis 4.10^{-21}; aus den entsprechenden Werthen von p wird $c^2 = 0{,}1$ bis $1{,}1.10^{-21}$ C.G.S.

Auch die Umlaufszeit der beiden Atome umeinander lässt sich nach dem 3. KEPPLER'schen Gesetz angeben, wenn der mittlere Abstand und die Constante c^3 bekannt ist. Dieselbe wird cet. par. proportional der Wurzel aus der Dichtigkeit, würde also am kleinsten werden für Wasserstoff, wenn für diesen dieselben Werthe von c^2 und $\bar{r}$ wie oben angenommen werden. Es ergiebt sich dann die mittlere Umlaufszeit $\overline{T} = 0{,}24$ bis 3.10^{-13} Secunden. Die Zeit zwischen 2 Zusammenstössen einer Molekel mit anderen beträgt für Wasserstoff im Mittel 1050.10^{-13}; es findet also eine grosse Anzahl von Umläufen zwischen 2 Zusammenstössen statt. Die Schwingungsdauer der längsten rothen Lichtwellen ist $2{,}5.10^{-15}$; sie würde sich also in Anbetracht der Unsicherheit der Rechnungen möglicherweise nicht viel kürzer ergeben, als ein Umlauf der Atome umeinander.

V. Nach der electrochemischen Theorie von Hrn. v. HELMHOLTZ ist jede Valenzstelle mit je einem Elementarquantum positiver oder negativer Electricität beladen. Von den beiden Atomen einer Molekel, welche durch eine Bindung miteinander verknüpft sind, z. B. einer Wasserstoffmolekel, besitzt also das eine ein Elementarquantum positiver, das andere ein Elementarquantum negativer Electricität. Aus dem electrochemischen Aequivalent des Wasserstoffs ergiebt sich, dass die genannte Ladung der positiven beziehungsweise negativen Atome in 1 ccm Wasserstoff bei 0° und Atmosphärendruck 129.10^8 electrostatische C.G.S.-Einheiten positiver beziehungsweise negativer Electricität beträgt. Nimmt man die Zahl der Molekeln in 1 ccm wieder zu 10^{20} an, so folgt die Ladung einer Valenzstelle, das HELMHOLTZ'sche Elementarquantum

$$e = 129.10^{-12} \mathrm{cm}^{\frac{3}{2}} \mathrm{g}^{\frac{1}{2}} \mathrm{sec}^{-1}.$$

Die zwischen den beiden Atomen wirksamen Kräfte würden sein: Erstens die electrostatische Anziehung der Valenzladungen: zweitens die Gravitation ihrer ponderablen Träger. Von dieser hat Hr. v. HELMHOLTZ bereits in der Faraday-Rede gezeigt, dass sie verschwindend klein ist gegen die electrostatische Kraft. Drittens

werden die electrolytischen Ladungen in Folge der Bewegung der Atome auch electrodynamische Kräfte aufeinander ausüben. Unter Zugrundelegung eines der Grundgesetze von WEBER, RIEMANN oder CLAUSIUS, sowie des BOLTZMANN'schen Resultates über das Verhältniss von innerer und äusserer lebendiger Kraft einer Molekel ergiebt sich, dass auch die elektrodynamische Kraft gegen die electrostatische sehr klein ist.

Die electrostatische Kraft würde nun gleich e^2/r^2 sein, und $e^2 = 2.10^{-20}$. Der Werth von e^2 entspricht der Constante c^2, wie sie auf Seite 78 aus der Dissociationswärme resp. aus dem Druck berechnet wurde. Wie man sieht, stimmen beide wenigstens der Grössenordnung nach überein. Bei der grossen Unzuverlässigkeit der Berechnungen wäre es nicht gerechtfertigt, dies als eine sichere Bestätigung der HELMHOLTZ'schen electrochemischen Theorie deuten zu wollen; man wird höchstens sagen dürfen, dass die Grösse der zwischen den Atomen wirksamen Kräfte, wie sie sich aus der HELMHOLTZschen Theorie ergiebt, nicht in Widerspruch steht mit ihrer Grösse, wie sie sich aus der Dissociationswärme und aus dem Druck unter Zuhülfenahme des Virialsatzes ergiebt.

Zum Schluss sei kurz darauf hingewiesen, dass periodische Bewegungen der Valenzladungen der Atome electrische Schwingungen repräsentiren; diese müssen wie eine HERTZ'sche Schwingung electrodynamische Wellen aussenden, welche bei hinreichend schneller Aufeinanderfolge als Wärmestrahlen respective Lichtstrahlen zur Wahrnehmung gelangen müssen.

Ueber einige der vorstehenden Berechnungen wurde bereits in der Sitzung der Niederrheinischen Gesellschaft in Bonn vom 12. Januar d. J. eine vorläufige Mittheilung gemacht.[1]) Eine ausführliche Darstellung soll an anderem Orte erscheinen.

---

[1]) F. RICHARZ, Sitzber. d. Niederrhein. Gesellsch. XLVIII, p. 18. 1891.

Geschenke.

H. Hermite. Géologie. Principes. Explication de l'époque quaternaire sans hypothèses. Neuchatel 1891. Attinger.

Das Urheberrechtsgesetz. (The law of Copyright) in den Vereinigten Staaten, gültig vom 1. Juli 1891 an. Der englische Text mit deutscher Uebersetzung und Bemerkungen von Paul Goepel. New-York 1891. E. Steiger & Co.

M. Wien. Das Telephon als optischer Apparat zur Strommessung. S.-A. Wied. Ann. XLII.

Druck von Georg Reimer in Berlin.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 23. October 1891.** Nr. 12.
Ausgegeben am 25. Januar 1892.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Die Gesellschaft beschliesst einstimmig ihren ersten Vorsitzenden Hrn. von Helmholtz am 2. November durch eine Adresse zu begrüssen und genehmigt deren Wortlaut in folgender von Hrn. **W. von Bezold** vorgeschlagenen Fassung:

Hochgeehrter Herr!

Unter den Vielen, welche am heutigen Tage ihre Glückwünsche darbringen, naht sich auch die Berliner Physikalische Gesellschaft, um der Dankbarkeit, Verehrung und Bewunderung Ausdruck zu geben, mit welchen sie zu dem grossen Gelehrten aufblickt, den sie mit gerechtem Stolze zu ihren ältesten Mitgliedern zählt und noch heute als ersten Vorsitzenden an ihrer Spitze sieht.

Schon das erste gedruckte Mitgliederverzeichnis weist Ihren Namen auf, und schon im ersten Bande der von der Gesellschaft herausgegebenen „Fortschritte der Physik“ findet sich ein Aufsatz aus Ihrer Feder, der bei Besprechung zweier Abhandlungen von Davy und Liebig über die thierische Wärme die eigenartige, unvergleichliche Schärfe und Klarheit erkennen lässt, mit welcher Sie schon damals an die fundamentalen Fragen über die Erzeugung und Umsetzung der Wärme herantraten, und der helle Schlaglichter vorauswirft auf die Bahnen, die Ihr schöpferischer Geist bald darauf beschreiten sollte.

Thatsächlich hielten Sie auch bereits am 23. Juli 1847 in der Physikalischen Gesellschaft jenen ewig denkwürdigen Vortrag über die Erhaltung der Kraft, und verkündeten damit zum erstenmale in mathematischer Schärfe jenes grosse Naturgesetz, dem sich an Allgemeinheit kein zweites an die Seite stellen lässt, und dessen klarer, strenger Ausdruck wohl als die grösste Errungenschaft gepriesen werden muss unter allen den grossen Erfolgen, deren sich unser Jahrhundert auf dem Gebiete des Naturerkennens mit Recht rühmen darf. Beherrscht doch heut zu Tage das Gesetz von der Erhaltung der Kraft unser ganzes physikalisches Denken und Forschen und dient es uns auch dort als sicherer Faden und Führer, wo wir in der Fülle verwickelter Erscheinungen noch nicht im Stande sind, die Einzelheiten zu enträthseln.

Nicht sehr lange nach jener Zeit legte die Berufung nach auswärts Ihrer unmittelbaren Betheiligung an den Arbeiten der Gesellschaft Schranken auf.

Als Sie aber nach einer an Erfolgen überreichen Reihe von Jahren wieder nach Berlin zurückkehrten, da zögerten Sie nicht, der Gesellschaft von Neuem Ihre thätigste Mitwirkung und Fürsorge zuzuwenden.

Und so sehen wir Sie noch heute als deren ersten Vorsitzenden in gleicher geistiger Frische wie damals, wo die Gesellschaft im Wesentlichen eine Vereinigung jugendlich schaffender und jugendlich strebender Geister war, nicht erlahmend in rastloser Forschung, immer neue Gebiete betretend, immer neue Wege weisend, immer neue Wahrheiten enthüllend, allen später Geborenen voraneilend, mit leuchtender Fackel bis dahin dunkle Pfade erhellend.

Dass Ihnen, hochgeehrter Herr Präsident, diese Forschungskraft und dieser Forschungsmuth noch lange erhalten bleibe, Ihnen selbst, Ihren Angehörigen, Ihren Freunden zur Freude, der Wissenschaft zu Nutz und Frommen, der ganzen Menschheit zu Heil und Segen, dies wünscht, wie Alle, die heute vor Sie treten, aus vollstem Herzen

die Physikalische Gesellschaft
zu Berlin.



Hr. **H. Hänsch** berichtete über die Construction und die Leistungen eines Farbenmisch-Apparates, welchen die Deutsche Gesellschaft für Mechanik und Optik am 2. Nov. Hrn. H. v. Helmholtz überreichen wird.

Hr. **H. Rubens** sprach darauf:

Ueber eine Methode zur Bestimmung der Dispersion ultrarother Strahlen.

Langley hat sich bei der Untersuchung der Energieverteilung im Spektrum der Sonne und andrer strahlender Körper zur Messung der Wellenlänge der ausgesandten Strahlen einer Methode bedient, welche auf Vergleichung des Dispersions- mit dem Diffractions-Spectrum beruht. Es gelang ihm, mit Hülfe derselben für Steinsalz und eine Flintglassorte die Abhängigkeit der Wellenlänge vom Brechungsexponenten experimentell festzustellen und es zeigte sich, dass die gefundene Dispersionskurve erheblich von der durch Extrapolation nach der Cauchy'schen Theorie erhaltenen abwich. Mit wachsender Wellenlänge näherte sich die Kurve mehr und mehr einer Geraden, welche eine konstante Neigung gegen die Axen beibehielt.

Die Beobachtungsweise erfordert jedoch hinsichtlich der Energie des strahlenden Körpers sowie der Qualität des Diffractionsgitters und der Feinheit der angewandten Messinstrumente ausserordentliche Mittel und ist sehr umständlich. In dem Folgenden soll kurz eine Methode mitgetheilt werden, welche auch mit geringern Mitteln schnell und sicher zum Ziele führt.

Die Strahlen eines Linnemann'schen Zirkonbrenners werden durch eine Linse parallel gemacht, von zwei ebenen, durch ein System von Schrauben auf einander gepressten Glasplatten unter 45° reflektirt und schliesslich von einer Cylinderlinse auf dem Spalt eines Spektrometers vereinigt. Im Beobachtungsfernrohr des Instruments erscheint alsdann das Spektrum von vertikalen Interferenzstreifen durchzogen, welche durch den Gangunterschied der an der Vorder- resp. Rück-Wand der Luftschicht reflektirten Strahlen herrühren und zwar werden alle die Farben ausgelöscht, deren

Wellenlänge λ der Gleichung genügt: $m.\lambda = 2\,d.\cos\alpha$ worin m eine ganze Zahl, d die Dicke der besagten Luftschicht, α den Reflexionswinkel der Strahlen (in unserm Falle 45°) bedeutet. Da die Wellenlängen, welche den Interferenzstreifen des sichtbaren Spektralgebiets zukommen, als bekannt vorausgesetzt werden dürfen, lassen sich mit Hülfe der Gleichung für einen bestimmten Streifen die beiden Unbekannten m und $2\,d.\cos\alpha$ mit grosser Genauigkeit ausrechnen. Gelingt es nun, mit Hülfe eines empfindlichen Linearbolometers die Lage der Interferenzstreifen auch im Ultraroten festzulegen, so liefert uns die obige Gleichung, in welcher nach Bestimmung der Ordnungszahl m und des Plattenabstandes d in der beschriebenen Weise, nur noch die Unbekannte λ enthalten ist, ohne Weiteres die zugehörige Wellenlänge.

Beobachtet man das von Interferenzstreifen der genannten Art durchzogene Wärmespektrum der Zirkonlampe mittelst des Bolometers, so zeigt eine graphische Darstellung desselben, dass nicht nur die Minima, welche den Interferenzstreifen entsprechen, sondern auch die dazwischen liegenden Maxima, welche für das Auge kaum einzustellen sind, genügend scharf hervortreten, um auch ihrerseits bei der Bestimmung der Dispersionskurve Verwendung zu finden. Für die den Maximis zukommende Wellenlänge gilt die Gleichung: $\frac{2m+1}{2}\lambda = 2d\cos\alpha$ wenn m und $m+1$ die Ordnungszahlen der benachbarten Minimis sind.

Ein in der beschriebenen Weise beobachtetes, von Interferenzstreifen zerrissenes Energiespektrum, sowie die sich daraus für die Glassorte des Prismas ergebende Beziehung zwischen Brechungsexponent und Wellenlänge werden in Form graphischer Darstellung vorgelegt. Die Dispersionskurve zeigt dieselben Eigentühmlichkeiten, welche in den Beobachtungen von Langley hervortreten.

Der Verfasser beabsichtigt, derartige Messungen an einer grösseren Reihe fester und flüssiger Körper vorzunehmen und gleichzeitig den Gang der Absorption einer sorgfältigen Beobachtung zu unterwerfen.

Hr. **W. Preyer** hielt dann einen durch viele Tafeln und Tabellen erläuterten Vortrag:

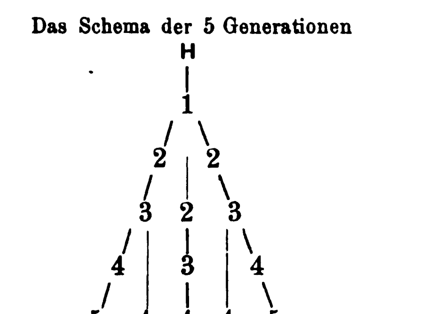
Ueber das genetische System der chemischen Elemente,

welches die sämmtlichen Familien des MENDELEJEFF'schen Systems in sich aufnimmt und genetisch verbindet. Die Grundvoraussetzung ist die alte bis auf PROUT zurückgehende, dass die schweren Elemente mit grossem Atomgewicht aus den leichteren mit kleinem und schliesslich aus dem Wasserstoff oder Weltäther (welcher vielleicht nur verdünnter Wasserstoff ist) durch Verdichtung hervorgegangen sind.

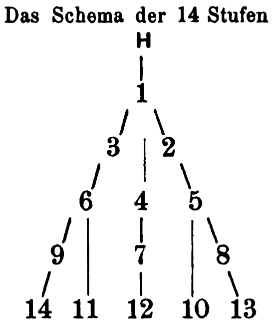
Weder die von CROOKES in seiner „Genesis der Elemente" noch die von Gustav WENDT in seiner „Entwicklung der Elemente" gegebene Anordnung entsprechen völlig den Thatsachen.

Ordnet man die Elemente nur nach aufsteigendem Atomgewicht in siebengliedrige Perioden, sowie es der Letztgenannte in seinem Entwurf zu einem „Stammbaum der Elemente" im Anschluss an MENDELEJEFF und Lothar MEYER that, jedoch mit einzelnen starken Abweichungen von beiden, so kommt man nicht zu befriedigenden Ergebnissen. Es müssen auch die Grade der Condensation unterschieden werden, und zwar sind vierzehn Verdichtungsstufen in fünf Generationen zu unterscheiden. Das Schema erläutert:

Das Schema der 5 Generationen



Das Schema der 14 Stufen



Aus dem Element 1 entsteht zuerst das Element 2, durch weitergehende Verdichtung 3, durch noch weitergehende (aus H) 4. Aus 2 entsteht 5, aus 3 das Element 6, aus 4 das Element 7; ferner entstehen 8 und 10 aus 5, und 9 und 11 aus 6, sowie 12 aus 7 und schliesslich 13 aus 8 und 14 aus 9. Die Mittelreihe 4, 7, 12

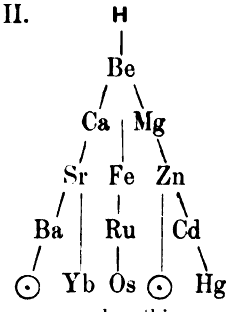
findet sich aber nur da, wo 1 geradwerthig ist. So erhält man 7 Stämme.

I.

H
Li
Ka Na
Rb Cu
Cs Ag
⊙ Dp Sm Au

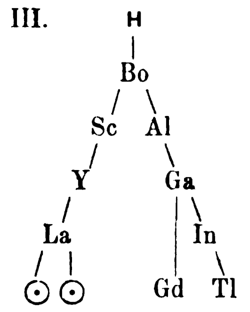
ungeradwerthig:
links- u. rechts positiv;
links para-, rechts dia-magnetisch.

II.



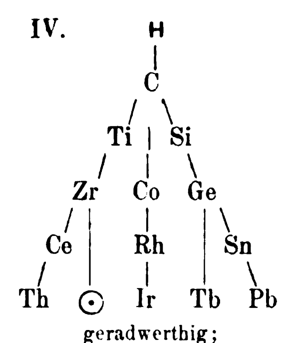
geradwerthig:
links u. rechts positiv;
l. para-, r. dia-magnetisch.

III.



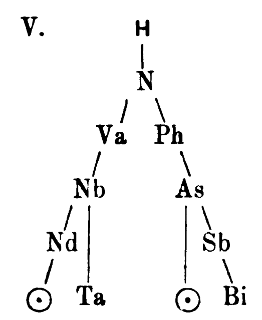
ungeradwerthig;
links- u. rechts positiv;
l. para-, r. dia-magnetisch.

IV.



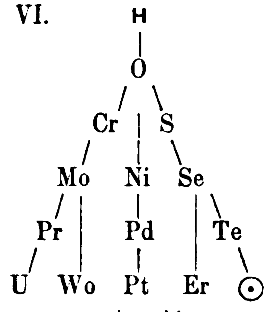
geradwerthig;
links u. rechts ±;
l. u. r. para- u. dia-magnetisch.

V.



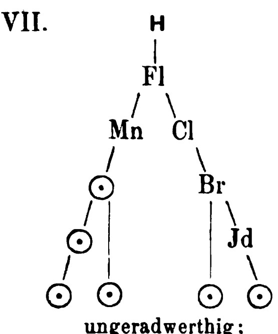
ungeradwerthig;
links und rechts negativ;
l. para-, r. dia-magnetisch.

VI.



geradwerthig;
links und rechts negativ;
l. para-, r. dia-magnetisch.

VII.



ungeradwerthig;
links und rechts negativ;
links para-, rechts dia-magnetisch.

Die je 7 Elemente, welche an denselben Orten der 7 Stämme stehen, also dieselbe Stufenzahl (1, 2, 3, ... 14) haben, heissen isotop. Nun zeigen sich sowohl in den Stammreihen, als auch in den (horizontalen) Reihen isotoper Elemente mehrere ganz neue gesetzmässige Beziehungen, welche diesem genetischen System eine sehr grosse Wahrscheinlichkeit verleihen. Namentlich die Atomgewichtsdifferenzen geben, durch die Differenzen der zugehörigen Stufenzahlen dividirt, innerhalb sehr enger Grenzen eingeschlossene und gesetzmässig alternirende Werthe für jede Stufenverdichtung. Das spezifische Gewicht im starren Zustande nimmt zu von 1 zu 2 zu 5 zu 8 zu 13, sowie von 1 zu 3 zu 6 zu 9 zu 14 und von 4 zu 7 zu 12. Das durch die Stufenzahl dividirte Atomvolum nimmt regelmässig ab in jeder Stammreihe von den ältesten Elementen bis zu den jüngsten. Also je grösser die Zahl der durchlaufenen Verdichtungsstufen, um so geringer wird, nach diesem Maasse, der Durchschnittswerth jeder Stufe, was auch im Allgemeinen für das spezifische Gewicht, nicht aber das Atomgewicht gilt. Die Atomwärme nimmt in jeder Stammreihe von der ersten Generation bis zu der letzten zu, die spezifische Wärme durchweg ab, das Product derselben in das spezifische Gewicht, die „Volumwärme", im Allgemeinen ebenfalls ab. Das Product der specifischen Wärme in die Stufenzahl nähert sich dem constanten Werth 0,4. Also muss sich die atomistische Verdichtung, d. h. die Zunahme des Gewichts des Atoms, entgegengesetzt verhalten der molecularen

Verdichtung, welche durch das Zusammenrücken der Moleküle bewirkt wird. Viele durch Zahlen belegte streng regelmässige Beziehungen der isotopen Elemente sprechen ebenfalls für diese Verschiedenheit der Atome und Moleküle bei dem vorausgesetzten Condensationsvorgang. Die ausführliche Begründung wird an anderer Stelle gegeben und da das (von ganz untergeordneten, offenbar auf Beobachtungsfehlern beruhenden sehr seltenen Ausnahmen abgesehen) einzige anomale Verhalten des Natriums und Magnesiums erörtert werden, welche der ersten mehr als Vorreihe anzusehenden Generation am nächsten stehen.

Geschenke.

M. Rajna. Sul Metodo grafico nel Calcolo delle Eclissi solari. S.-A. Rendiconti del R. Instituto Lombardo, Anno 1891, Ser. II. Vol. XXIV, fasc. IX e XI.

Del Meridiano Iniziale e dell'Ora Universale. S.-A. Rendiconto delle Sessioni della R. Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna. 27. April 1890.

O. Krigar-Menzel und A. Raps. Ueber Saitenschwingungen. S.-A. Sitzber. d. Berl. Akad. 22. Juni 1891.

R. Börnstein. Eine Beziehung zwischen dem Luftdruck und dem Stundenwinkel des Mondes. S.-A. Meteorol. ZS. Mai 1891.

Exposés des raisons appuyant la transaction proposée par l'académie des Sciences de Bologne au sujet du meridien initial et de l'heure universelle. R. Académie des Sciences de l'Institut de Bologna. November 1889.

J. Violle. Lehrbuch der Physik. Deutsche Ausgabe von E. Gumlich, L. Holborn, W. Jaeger, D. Kreichgauer, St. Lindeck. Lieferung 1. Berlin: J. Springer 1891.

Druck von Georg Reimer in Berlin.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 6. November 1891.** Nr. 13.
[Ausgegeben am 25. Januar 1892.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **A. Raps** demonstrirte

eine verbesserte selbstthätige Quecksilberluftpumpe,

welche er vor Jahresfrist der Gesellschaft in den Grundzügen mitgetheilt hatte.

Es ist bei derselben besonderes Gewicht gelegt auf den vollständigen Abschluss des Quecksilbers von der feuchten Atmosphäre. Dies wird dadurch erreicht, dass einerseits die ausgepumpte Luft in einen evacuierten, durch Schwefelsäure getrockneten Raum geschafft wird, andererseits das Quecksilber durch einen Gummibeutel von der feuchten Druckluft abgeschlossen wird. Mechanische Verbesserungen gestatten ein sehr schnelles Pumpen, so dass ein Auf- und Niedergang des Quecksilbers in 35 Secunden ohne jede Gefahr für die Glaspumpe ausgeführt werden kann.

Eine anfänglich mit Luft von gewöhnlicher Dichte erfüllte Geissler'sche Röhre wurde vor den Augen der Gesellschaft evacuiert. Mit einem kräftigen Rumkorff in Verbindung gesetzt, fluorescierte die Röhre sehr bald in grünem Lichte und liess dann die Funken nicht mehr durchgehen.

Eine nähere Beschreibung der Pumpe befindet sich in Wied. Annal. Bd. 43, S. 629, 1891.

Hr. **E. du Bois-Reymond** legt eine von Hrn. Oswald Gerloff in Göttingen aufgenommene Photographie des lebenden menschlichen Augenhintergrundes vor.

Hr. **A. Kundt** referirte über einen von Hrn. L. Zehnder construirten Interferenzrefractor (Zeitschrift f. Instrumentenkunde 1891 S. 275).

Geschenke.

E. Riecke. Das thermische Potential für verdünnte Lösungen. S.-A. Wied. Ann. XLII.

— — Ueber elektrische Ladung durch gleitende Reibung. S.-A. Wied. Ann. XLII.

— — Moleculartheorie der Diffusion und elektrolytische Leitung. S.-A. Göttinger Nachrichten 1890, No. 16. 31. December.

— — Nachträgliche Bemerkung zu dem Aufsatze über specielle Fälle von Gleichgewichtserscheinungen eines aus mehreren Phasen zusammengesetzten Systems. S.-A. ZS. f. phys. Chem. VII.

E. C. Pickering. Variable Star of Long Period. (The astronomical Observatory of Harvard College). Cambridge 1891. John Wilson and Son.

H. Knoblauch. Ueber die Polarisation der strahlenden Wärme durch totale Reflexion. Nova Acta der Kgl. Leop. Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher LV, No. 4. Halle 1890.

A. Raps. Selbstthätige Quecksilberluftpumpe. S.-A. Wied. Ann. XLIII.

A. Heller. Beiträge zum Problem der Materie. S.-A. Math.-Naturw. Ber. aus Ungarn VIII.

E. H. Amagat. Recherches sur l'élasticité des solides et la compressibilité du mercure. S.-A. Annales de chémie et de physique (6) t. XXII.

K. E. Zetzsche. Der Betrieb und die Schaltungen der elektrischen Telegraphie. H. 3, 4. u. 5. Abtheilung.

Druck von Georg Reimer in Berlin.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 20. November 1891.** Nr. 14.
Ausgegeben am 26. Februar 1892.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **A. du Bois-Reymond** sprach:

Ueber den elektrischen Drehstrom.

Sobald elektrische Arbeitsübertragungen in grösserem Maassstabe ausgeführt wurden, erkannte man, dass die Länge, bis zu welcher man wirthschaftlich brauchbare Leitungen bauen könnte, durch die grösste Klemmenspannung begrenzt sei, bei welcher man Dynamo-Maschinen mit praktischer Sicherheit betreiben konnte. Gleichstrommaschinen gestatten in Folge der nothwendigen Eigenthümlichkeiten ihrer Bauart Spannungen bis etwa 1000 Volt, wonach die maximale Entfernung bis zu welcher die Uebertragung grösserer Leistungen noch wirthschaftlich ausführbar war, etwa 10 km betrug. Wechselstrommaschinen eignen sich sehr viel besser als Gleichstrommaschinen zur Erzeugung von hohen Spannungen, ausserdem kann man die Spannung, bei welcher Wechselstromanlagen arbeiten durch Inductorien, in der technischen Sprache „Transformatoren“ genannt, nach Belieben verändern. Daher bestand bisher ein lebhaftes Bedürfniss nach einem Motor, welcher den technisehen Anforderungen genügte und durch Wechselstrom zu betreiben sei. Der Lösung dieser Aufgabe ist man um einen grossen Schritt näher gekommen durch die Erfindung des sogenannten Drehstroms, welche durch die amerikanische Patentschrift No. 381968 von Hrn. Nicola Testa, angemeldet am 12. October 1887 und fast gleichzeitig durch die Abhandlung:

„Rotationi elettrodinamiche prodotte par mezzo di correnti alternate“ von Hrn. GALILEO FERRARIS, Turin den 18. März 1888, zuerst bekannt gemacht wurde.

Hr. FERRARIS erregte zwei gleiche Solenoïde, deren magnetische Axen in einer Ebene lagen und rechte Winkel einschlossen durch zwei Ströme, deren Intensitäten wie ein Sinus und wie ein Cosinus der Zeit verändert wurden. Wenn man die beiden so erzeugten magnetischen Felder nach dem Parallelogramm der Kräfte combinirt, so erhält man ein resultirendes Feld von unveränderlicher Intensität, welches mit unveränderlicher Winkelgeschwindigkeit um den Schnittpunkt der beiden Componirenden als Mittelpunkt rotirt und zwar mit einer Geschwindigkeit von einer Umdrehung während einer Periode der erregenden Wechselströme. Bringt man in das so erzeugte rotirende Feld eine leicht drehbar aufgehängte Kupfertrommel, so wird sie von dem rotirenden Felde mitgenommen, ebenso wie die ARAGO'sche Scheibe von dem rotirenden Stahlmagnet. Ueberhaupt lassen sich mit Hülfe des FERRARIS'schen rotirenden Feldes alle Erscheinungen beobachten, welche an einem rotirenden Magneten wahrgenommen werden.

Dasjenige welches man in der Technik heute unter „Drehstrom“ versteht, ist wenig mehr als eine formale Ausbildung des von Hrn. FERRARIS angegebenen Apparates.

Zunächst lässt sich das Princip der Erregung des rotirenden Feldes allgemeiner darstellen. Wenn man die beiden Hälften der beiden FERRARIS'schen Spulen getrennt auffasst, so erhält man vier längs des Cylindermantels in gleichen Abständen von einander angeordnete Leiter oder Bündel von Leitern, welche vier Wechselströme führen, welche um je ein Viertel ihrer Periode gegeneinander zeitlich verschoben sind. Man kann mit demselben Erfolg n Leiter oder Leiterbündel anordnen, welche räumlich um je ein $n$tel der Peripherie von einander entfernt sind und n Wechselströme führen, welche zeitlich um je $1/n$ ihrer Periode gegen einander verschoben sind. Die kleinste brauchbare Zahl ist drei.

Ein System von n Wechselströmen gleicher Amplitude und Periode, welche der Zeit nach um je $1/n$ ihrer Periode gegeneinander verschoben sind, nennt man „Drehstrom“, d. h. nicht ein



Strom welcher sich dreht, sondern ein System von Strömen welches dreht, nämlich das von ihnen erzeugte magnetische Feld.

Der von Hrn. Ferraris beschriebene Apparat wird ein technisch verwendbarer Motor, wenn man den Weg, welchen die in dem System erzeugten magnetischen Kraftlinien zu durchmessen haben, möglichst mit Eisen erfüllt. Man ordnet etwa die den Drehstrom führenden Leiterbündel in Form von Spulen auf einem feststehenden Ringe an, der zur Vermeidung schädlicher Inductionsströme aus einer Anzahl von auf einander geschichteten und mit Papier oder Oelfarbe von einander isolirten Eisenblechringen besteht. Der hohle Kupfercylinder des Ferraris'schen Apparates wird ebenfalls mit einem Kern von solchen von einander isolirten Eisenblechen angefüllt.

Sobald aber Eisen im System gegenwärtig ist, zeigt sich, dass die Intensität und Winkelgeschwindigkeit des resultirenden Feldes in Wirklichkeit keineswegs unveränderlich sind. Wenn man nach der angegebenen Regel aus einer Anzahl von componirenden Feldern ein resultirendes Feld zusammensetzt und die Intensitäten der Componirenden durch Erregung mit Gleichstrom stufenweise entsprechend Phasen von gleichem zeitlichen Abstande verändert, so erhält man resultirende Felder, welche wesentlich verschiedene Intensitäten zeigen und wesentlich verschiedene Winkel mit einander einschliessen. Die Intensitäten der resultirenden Felder und die von ihnen eingeschlossenen Winkel nähern sich aber umsomehr constanten Werthen, je mehr componirende man zu einem resultirenden Felde zusammensetzt.

In der Praxis ist man mit Rücksicht auf die Ausführungskosten einer Anlage darauf angewiesen die kleinste mögliche Zahl von Leitungen anzuwenden d. h. drei, andrerseits aber ist die Constanz der Intensität und Geschwindigkeit des im Motor erzeugten Feldes eine wesentliche Bedingung für seine Brauchbarkeit. Die einzelnen Stromstärken eines Drehstromsystems lassen sich durch folgende Abdrücke definiren:



$$a . \sin 2\pi \frac{t}{T},$$

$$a . \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{1}{n}\right),$$

$$a . \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{2}{n}\right),$$

$$a . \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{3}{n}\right),$$

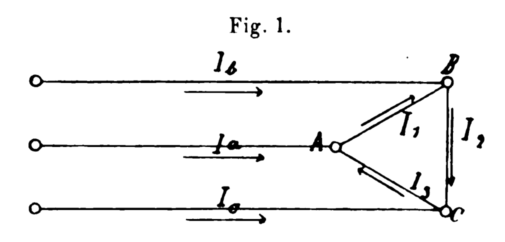
$$\cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot$$

$$a . \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{n-1}{n}\right),$$

worin a eine Constante, t die Zeit, n die Anzahl der Ströme und T die Dauer der Periode bedeuten. Die Summe aller dieser Ausdrücke ist Null.

Daher kann man an irgend einem Querschnitt des Systems sämmtliche Leitungen in einem Punkte zusammen führen oder überhaupt unter einander verbinden, ohne etwas wesentliches zu ändern. Hat man etwa drei Leitungen (Fig. 1), in welchen die drei

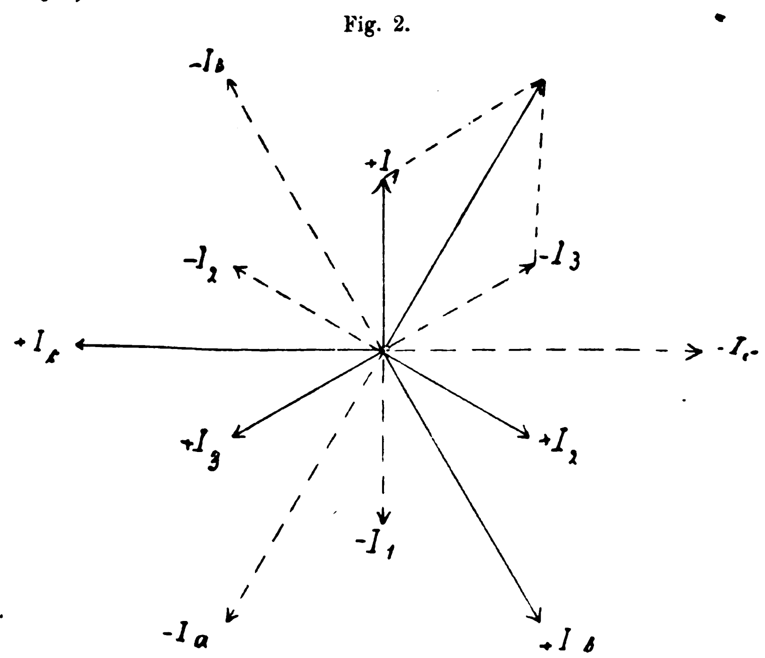
Fig. 1.



Wechselströme I_a I_b I_c fliessen, verbindet man einen beliebigen Punkt A der ersten Leitung mit einem naheliegenden Punkt B der zweiten Leitung und einem ebenfalls naheliegenden Punkt C der dritten Leitung und verbindet man weiter die Punkte B und C, so hat man ein System welches sechs Ströme enthält, nämlich die ursprünglichen drei Ströme I_a I_b I_c und die drei zwischen den Punkten A und B, B und C, C und A fliessenden Ströme, welche I_1, I_2, I_3 heissen mögen. Die Ströme I_1 I_2 I_3 werden gleiche Amplituden haben und um gleiche Phasenunterschiede gegen einander verschoben sein, weil alle drei unter völlig gleichen Bedingungen zu Stande kommen. Sie lassen sich also geometrisch durch

ein Polardiagramm ausdrücken, welches aus drei gleich langen Strahlen besteht, die mit einander Winkel von 120° einschliessen. (Fig. 2).

Fig. 2.



Nennen wir bei den drei Hauptströmen I_a I_b I_c die Richtung nach den Verzweigungspunkten A, B, C hin, und bei den drei Zweigströmen die Richtung von A nach B, von B nach C und von C nach A positiv, so ist:

$$I_a = I_1 - I_3,$$
$$I_b = I_2 - I_1,$$
$$I_c = I_3 - I_2.$$

In unserem Diagramm können wir diese Additionen ausführen indem wir I_1, I_2, I_3 um sich selbst über den Nullpunkt hinaus verlängern und die Diagonalen von Parallelogrammen zeichnen, deren Seiten die in den Gleichungen vorkommenden Summanden sind. Fügt man noch die negativen Werthe der Hauptströme I_a I_b und I_c hinzu, so hat man zwölf Ströme, welche um je ein Zwölftel der Periode gegeneinander zeitlich verschoben sind und

zu deren Zuführung doch nur drei Leitungen nöthig sind. Die negativen Ströme werden nämlich in der Praxis in der Weise verwerthet, dass man die betreffende Spule zerlegt und die beiden Hälften diametral einander gegenüber anordnet und gegen einander schaltet.

Aus dem Diagramm geht aber auch hervor, dass die Amplituden der Ströme nicht gleich sind, sondern dass die Amplituden der Ströme I_a I_b I_c sich zu den Amplituden der Ströme I_1 I_2 I_3 verhalten, wie $\sqrt{3}:1$. Um daher gleich grosse componirende Kräfte zu erhalten, muss man die Windungszahlen in den zugehörigen Spulen so wählen, dass sie sich verhalteu wie $1:\sqrt{3}$. So ergiebt sich die beifolgende Schaltung (Fig. 3), welche gestattet mit nur

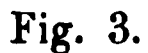


Fig. 3.

drei Zuleitungen ein rotirendes Feld von praktisch constanter Intensität und Winkelgeschwindigkeit zu erzeugen.

Man kann ein Drehstromsystem noch in einer anderen Art verwenden, um Motoren herzustellen, deren Umdrehungsgeschwindigkeit von der Periode der zugeführten Wechselströme unabhängig ist. Versieht man den Anker einer Gleichstrommaschine gewöhnlicher Construction mit drei Bürsten, welche den drei um je 120° von einander entfernten Punkten des Commutatormantels anliegen und verbindet die drei Bürsten mit drei Leitungen, welche drei Wechselströme zuführen, die der Zeit nach um je ein Drittel ihrer Periode verschoben sind, so wird in dem Anker ein rotirendes Feld erzeugt. Die Bewegung dieses rotirenden Feldes ist offenbar ganz unabhängig von einer etwaigen drehenden Bewegung, welche dem Anker selbst ertheilt werden könnte. Umgiebt man nun diesen Anker mit einem Ringe, in welchem durch dasselbe Drehstromsystem ein zweites in demselben Sinne rotirendes Feld erzeugt wird, so wird die relative Lage der beiden Felder nur von der relativen Lage derjenigen Punkte der beiden Wickelungen abhängen, welchen die Ströme zugeführt werden. Durch Verdrehung des Bürstenhalters, während der äussere Ring feststeht, kann man die beiden Felder jeden beliebigen Winkel mit einander einschliessen lassen. Giebt man den beiden Feldern eine geeignete relative Lage zu einander, so erzeugen sie ein Moment, welches den inneren Anker zu drehen strebt, wenn der äussere festgehalten wird und welches sowohl von der Geschwindigkeit, mit welcher sich die beiden Felder drehen, wie von dem Sinne ihrer Drehung unabhängig ist.

Geschenke.

F. Horn und C. Tillmann. Beobachtung über Gewitter in Bayern, Württemberg, Baden und Hohenzollern während des Jahres 1890. — C. Lang. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter in Süddeutschland während des Jahres 1890. — F. Erk. Die Windhose vom 27. Juni 1890 am Südabhange der Daxsteiner Höhe. — F. Lingg. Meteore und Erdbeben im Jahre 1890. S.-A. Beobachtungen der Meteorologischen Stationen im Königreiche Bayern XII, Jahrg. 1890.

G. Kirchhoff. Gesammelte Abhandlungen. Nachtrag. Herausgeg. von L. Boltzmann, Leipzig, J. A. Barth 1891.

W. Preyer. Die Organischen Elemente und ihre Stellung im System. Wiesbaden: J. F. Bergmann 1891.

G. Meyer. Bestimmung des Moleculargewichtes einiger Metalle. S.-A. ZS. f. physik. Chemie VII. 1891.

— — Ueber die elektromotorischen Kräfte zwischen Glas und Amalgamen. Wied. Ann. XL, 1891.

K. Singer. Die Witterung in Süddeutschland 1861-1890. Kurze monatliche Uebersichten. S.-A. Beobacht. d. Meteorol. Stationen im Königreiche Bayern XII, 1890.

C. Lang. Säculare Schwankungen der Blitz- und Hagelgefahr. S.-A. Beobacht. d. Meteorol. Stationen im Königreiche Bayern XII, 1890.

A. McAdie. Mean temperatures and their corrections in the United States. Published by authority of the Secretary of War. Washington City: Signal Office. 1891.

O. E. Meyer. Ein Verfahren zur Bestimmung der inneren Reibung von Flüssigkeiten. S.-A. Wied. Ann. XLIII, 1891.

K. Mützel. Ueber innere Reibung von Flüssigkeiten. S.-A. Wied. Ann. XLIII, 1891.

H. Scheffler. Die Hydraulik auf neuen Grundlagen. Leipzig. F. Förster. 1891.

R. Clausius. Die mechanische Wärmetheorie. 3. Band, herausgeg. von M. Planck und C. Pulfrich. (2. Lfg.). Braunschweig. F. Vieweg und Sohn. 1891.

C. Lang u. K. Singer. Die Schneedecke in Bayern im Winter 1889/90. S.-A. Beobacht. der meteorol. Stationen im Königreich Bayern. Hrsg. von C. Lang u. F. Erk. Bd. XII, Jahrg. 1890.

H. Kayser u. C. Runge. Ueber die Spectren der Elemente. Vierter Abschnitt. Abh. d. Kgl. Preuss. Akad. z. Berlin vom Jahre 1891.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 4. December 1891.** **Nr. 15.**
Ausgegeben am 26. Februar 1892.

Vorsitzender: Hr. H. von Helmholtz.

Hr. **R. Assmann** sprach:

Ueber die Demonstration eines Aspirations-Meteorographen für Ballonzwecke.

Seit den epochemachenden Untersuchungen von Glaisher und Welsh in der Zeit zwischen 1853 bis 1865 sind strengwissenschaftliche Beobachtungen mittels des Luftballons nicht mehr ausgeführt worden. Unsere Kenntniss der physikalischen Vorgänge in den höheren Schichten der Atmosphäre beruht daher auch heute noch nahezu ausschliesslich auf diesen mit unübertrefflicher Sorgfalt und Energie unternommenen Forschungen. Seit der Erfindung und Einführung des Assmann'schen Aspirations-Psychrometers lernte man aber eine Reihe von Fehlern kennen, welche allen bisherigen Beobachtungen der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft anhaften. Da dieselben vornehmlich auf dem Einflusse der Strahlung und mangelnden Ventilation beruhen, mussten sie mit zunehmender Strahlungsintensität und verringerter Ventilation wachsen. Beide Fehlerquellen sind aber im freifliegenden Luftballon im höchsten Maasse wirksam; eine Wiederholung und Kontrolle der bisherigen Beobachtungen, unter Vermeidung der früheren Fehler muss deshalb als dringend nothwendig bezeichnet werden.

Der Vortragende hat seit einem Jahre umfangreiche Arbeiten auf diesem Gebiete in die Hand genommen, nachdem die Kgl. Akademie der Wissenschaften einen Betrag von 2000 Mk. zu diesem Zwecke bewilligt hatte.

Die Untersuchungen wurden sowohl im Freiballon, als auch mittels des Fesselballons ausgeführt. Schon WELSH und GLAISHER hatten versucht, durch Verwendung aspirirter Thermometer die Einflüsse der Strahlung und mangelnden Ventilation zu beseitigen, liessen jedoch die in Verwendung genommene Methode bald wieder fallen, da sie keine principiellen Unterschiede gegenüber den in gewöhnlicher Weise aufgestellten Thermometern fanden; ja, sie schlossen aus dieser Uebereinstimmung, dass die Beobachtungen als fehlerfrei zu betrachten seien.

Eigene Untersuchungen des Vortragenden im Freiballon mit seinem, ohne Kenntniss von den analogen Apparaten WELSH's konstruirten Aspirations-Psychrometer führten bald zu dem Ergebnis, dass Beobachtungen im Korbe des Ballons selbst, wie sie von WELSH und GLAISHER vorgenommen waren, mit erheblichen Fehlern behaftet sind. Aber auch ausserhalb des Korbes war der Einfluss der Wärme-Konvektion von der bestrahlten Korbwandung her noch so beträchtlich, dass man den Apparat in einer Entfernung von 1,5 m aufhängen und mittels eines Fernrohres ablesen musste, um völlig sichere Resultate zu erzielen. Simultane Vergleichungen mit dem bisher seit GLAISHER ausschliesslich in Verwendung genommenen „Schleuderpsychrometer“ ergaben erhebliche „Strahlungsfehler“ dieses Instrumentes, welches bis zu 3° höhere Angaben lieferte, als das Aspirations-Psychrometer.

Ausser diesen für die Erforschung der höheren Luftschichten bestimmten Fahrten im Freiballon wurden in Charlottenburg methodische Untersuchungen der unteren Regionen bis zur Höhe von 800 m mittels des dem „Deutschen Vereine zur Förderung der Luftschiffahrt“ gehörigen Fesselballons „Meteor“ vorgenommen. Sowohl der Kostenersparniss, als auch der leichteren Handhabung wegen sollten an Stelle eines Beobachters selbstregistrirende Apparate funktioniren.

Der Vortragende hat nach jahrelangen Experimentir-Arbeiten



einen derartigen Apparat konstruirt, welchem wegen der Anwendung seines, als unerlässlich erkannten Aspirations-Principes der Name „Aspirations-Meteorograph“ zukommt. Die wesentlichste Schwierigkeit bei dessen Konstruktion bestand in einer solchen Führung der schreibenden Federn, dass alle die durch die schnellen und heftigen Bewegungen des vom Winde hin- und hergeschleuderten Ballons entstehenden Stösse unwirksam gemacht werden. Durch Verwendung horizontal gespannter Ketten und sorgfältige Aufhängung genau äquilibrirter Schreibfedern gelang es, dieser Schwierigkeiten Herr zu werden, sodass die bisher erhaltenen Kurven allen Ansprüchen genügen. Der Apparat, vermöge eines kleinen Elektromotors kräftig aspirirt, ist von dem Einflusse der Wärmestrahlung völlig unabhängig; er registrirt den Druck, die Temperatur und relative Feuchtigkeit der Luft in der Weise, dass selbst ganz kurze Schwankungen noch wahrgenommen werden können.

Von den bisher erhaltenen zahlreichen Kurven wurden einige der interessanteren vorgelegt; weitergehendes Interesse erregte besonders eine derselben, welche zeigte, wie die Temperatur innerhalb einer geschlossenen Wolkendecke bis zu deren oberen Grenze schnell abnimmt, unmittelbar über derselben aber unter dem Einflusse direkter und reflektirter Wärmestrahlung ganz ausserordentlich ansteigt. Gleichzeitig sinkt die relative Feuchtigkeit um einen erheblichen Betrag. Zugleich konnte konstatirt werden, dass die Wolkendecke die Grenze zweier in Richtung und Stärke erheblich verschiedener Windsysteme bildete. Hiermit waren unmittelbare Beweise für die Richtigkeit der von Hrn. v. Helmholtz auf theoretischer Basis aufgebauten Anschauungen über das Auftreten von „Wolkenwogen“ geliefert. Weiterhin wurde über die gleichzeitige Vornahme von Freifahrten- und Fesselballon-Registrirungen berichtet, welche bisher in zwei Fällen höchst interessante Resultate geliefert haben. Als weiteres Ziel bezeichnete der Vortragende die Aufhängung eines Registrir-Apparates an einem 500 m langem Seile unterhalb des Freiballons, gleichzeitige Verwendung des zweiten Registrirapparates im Fesselballon in 800 m Höhe, während methodische Ablesungen von den Beobachtern im Freiballon und an

der Erdoberfläche ausgeführt werden. So werde man einen vierfachen Querschnitt durch die Atmosphäre erhalten, dessen Resultate von höchstem Werthe sein müssten.

Hr. **W. Wolff** berichtete dann

Ueber die Haltbarkeit einer Accumulatoren-Batterie.

Geschenke.

G. Neumayer. Die internationale Polarforschung 1882—1883. Die Deutschen Expeditionen und ihre Ergebnisse. Bd. I.: Geschichtlicher Theil, herausgegeben im Auftrage der Deutschen Polar-Kommission. Berlin 1891, A. Asher & Co.

G. Kirchhoff. Vorlesung über mathematische Physik. Bd. III.: Elektricität und Magnetismus, herausgegeben von M. Planck. Leipzig 1891, B. G. Teubner.

„Waterdale“. Fresh Light on the dynamic action on de Ponderosity of Matter. London 1891, Chapmann and Hall.

E. Mach. Leitfaden der Physik für Studirende. Prag, Wien u. Leipzig 1891, F. Tempsky und G. Freytag.

G. Pizzighelli. Handbuch der Photographie für Amateure und Touristen. Bd. I.: Die photographischen Apparate. Halle a. S. 1891, W. Knapp.

J. G. Mac Gregor. On the density of weak aqueous solutions of certain Sulphates. S.-A. Trans. of Roy. Soc. Canada. Sect. III. 1890.

J. G. Mac Gregor. On a test of Ewing and Mac Gregor's method of measuring the electrical resistance of electrolytes. S.-A. Trans. of Roy. Soc. Canada. Sect. III. 1890.

O. Frölich. Ueber das Ozon, dessen Herstellung auf elektrischem Wege und dessen technische Anwendungen. S.-A. Elektrotechn. Zeitschr. 1891, Heft 26.

J. G. Mac Gregor. On some lecture experiments illustrating properties of saline solutions. S.-A. Nova-Scotian Inst. of Science 1890—91.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Jahrg. 10. **Sitzung vom 18. December 1891.** Nr. 16.
Ausgegeben am 26. Februar 1892.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **B. Schwalbe** hält folgende Ansprache:

Meine Hérren!

Wiederum hat die physikalische Gesellschaft den Verlust eines ihrer ältesten Mitglieder zu beklagen.

Am 11. December 1891 verstarb im Alter von 81 Jahren

J. W. Ewald,

Mitglied der Königl. Akademie der Wissenschaften.

Wenn er auch nicht zu den Gründern der Gesellschaft gehörte, so war er doch einer der ersten, welcher der neugebildeten kleinen physikalischen Vereinigung schon im Jahre 1845 beigetreten war; seit dieser Zeit finden wir seinen Namen ohne Unterbrechung unter den Mitgliederverzeichnissen der sich immer mehr erweiternden Gesellschaft. Freilich lagen seine Studien weit ab von dem jetzigen Gebiete der reinen Physik; aber gerade dadurch wirkte damals die physikalische Gesellschaft so anregend und fruchtbringend, dass sie auch die der Physik benach-

barten Gebiete der Naturwissenschaften in den Bereich ihrer Erörterungen zog.

In dem kleinen Kreise, der ursprünglich die physikalische Gesellschaft bildete, und den Charakter einer freundschaftlichen Vereinigung trug, war es Sitte, dass jeder aus seinem Specialgebiete die Resultate seiner Arbeit mittheilte. So trug Herr Ewald am 7. März 1845 vor: „über Gletscherbewegung im Anschluss an die erschienenen Publicationen“, in derselben Sitzung, in welcher Hr. E. du Bois-Reymond „über thierische Elektricität“ und Hr. Knoblauch „über strahlende Wärme“ sprachen, und auch in späteren Jahren betheiligte er sich in derselben Weise an den Arbeiten der Gesellschaft wie sein Vortrag: „über den Zusammenhang zwischen den krystallographischen und optischen Eigenschaften der optisch zweiachsigen Krystalle“ darthut. Die späteren Arbeiten (Ueber die Grenze zwischen Neocomien und Gault, Studien am nördlichen Harzrand etc.) lagen ganz auf dem Gebiete der Geognosie.

Inzwischen hatte sich die kleinere Vereinigung zu einer bekannten wissenschaftlichen Gesellschaft erweitert, der der grössere Theil der Physiker Deutschlands angehört hat oder noch angehört. Die Grundlage für dies Gedeihen der Gesellschaft ist durch die älteren Mitglieder gelegt, die ihr auch die Richtung ihrer Entwicklung gaben. Stets wird die Gesellschaft dieses Zusammenhanges eingedenk sein, derer nicht vergessen, die ihr in treuer Anhänglichkeit nahe gestanden haben, und denen ihre Dankbarkeit bewahren, die bei dem ersten Aufbau thätige Hilfe leisteten.

Zu Ehren des Verstorbenen erhoben sich sodann die Anwesenden.



Hr. **E. Budde** gab dann ein Referat über die Arbeiten des letzten Jahrzehnts, welche sich mit der

Theorie der übersättigten Lösungen

befassen; die Mittheilung wird in der „Naturwissenschaftlichen Rundschau“ erscheinen.

Hr. **F. Paschen** (a. G.) führte darauf

ein Experiment zur Demonstration der Gravitation,

mit dem von Hrn. C. V. Boys angegebenen Apparat vor. Die dabei gegebenen Erläuterungen waren den betreffenden Abhandlungen von Hrn. Boys (Proc. Roy. Soc., Vol. 46, p. 253 und Nature 1889, Dec. 1889) entnommen.

Geschenke.

J. G. Mac Gregor. On the relative bulk of aqueous solutions of certain hydroxides and their constituent water. S.-A. Trans. Nova-Scotian Inst. Vol. VII, Part 4, 1889—90.

Nederlandsch Meteorologisch Jaarbock voor 1890. Uitgegeven door het koninklijk Nederlandsch Meteorologisch Institut. 42. Jaarg. Utrecht J. van Boekhaven 1891.

K. Ångström. L'intensité de la radiation des gaz sous l'influence de la décharge électrique. S.-A. Oversigt af Kongl. Vetenskaps Förhandl. 1891. Nr. 6.

Stockholms Högskolas Fysiska Institut under dess sex första År. Stockholm 1891.

A. Brotz. Die Witterung und Fruchtbarkeit der einzelnen Jahre oder: Die erste theoretisch-praktische Meteorologie. Selbstverlag. 1887.

L. Krehl. Beiträge zur Kenntnis der Füllung und Entleerung des Herzens. Aus: Abhandl. der mathemat.-phys. Klasse der Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch. Bd. XVII., Nr. V. Leipzig 1891.

Beobachtungen der russischen Polarstation auf Nowaja Semlja. I. Theil. Magnetische Beobachtungen, bearbeitet von K. Andrejeff. Herausgegeben unter Redaction von R. Lenz. Expedition der Kaiserlich-Russischen Geographischen Gesellschaft. 1891.



Anuario del observatorio astronómico nacional de Tacubaja para el año de 1892. Formado bajo la direccion del Ingeniero ANGEL ANGUIANO. Año XII. México. 1891.

W. LEVIN. Bericht über die begründende Versammlung des Vereins zur Förderung des Unterrichtes in der Mathematik und in den Naturwissenschaften in Braunschweig am 3. und 6. October 1891. S.-A. Pädagogisches Archiv. 1891.

S. P. LANGLEY. Recherches expérimentales aérodynamiques et données d'expérience. S.-A. C. R. t. CXIII. 13 juin 1891.

K. WESENDONCK. Ueber die Erregung von Elektricität durch Reibung von Gasen an Metallen. Naturw. Rundschau VI. Jahrg. No. 36.

Nachträglich eingegangene Referate.

1. Zur **Sitzung vom 29. Mai d. J., Nr. 9** (siehe S. 68).

Hr. **B. Weinstein:**

Ueber das Verhältnis des Kilogramms zu seinem Definitionsbetrag.

Während bei der einen der beiden metrischen Einheiten, bei dem Meter, über das Verhältnis derselben zu ihrem Definitionsbetrage bereits seit den Untersuchungen Bessel's über die Dimensionen der Erde genügende Klarheit herrscht, ist über das Kilogramm *in* dieser Hinsicht ein unzweifelhaftes Ergebnis noch nicht erlangt worden. Untersuchungen liegen bereits vor aus England, Oesterreich, Schweden und Russland. Neuerdings konnten auch aus gewissen Ergebnissen einer Reihe auf anderen Gebieten ausgeführter Arbeiten, welche auf der Normal-Aichungs-Kommission vorgenommen sind, Schlüsse gezogen werden. Die bei den verschiedenen Untersuchungen befolgten Methoden stimmen im Prinzip mit derjenigen Methode überein, welche bei der ursprünglichen Konstruction des Kilogramms durch Lefèvre-Gineau zur Anwendung kam. Von einem möglichst regelmässig gestalteten Körper wird das Volumen durch lineare Messungen bestimmt und dann wird dieser Körper in Wasser gewogen. Auf der Normal-Aichungs-Kommission haben die Spindeln von 6 Aräometern als solche Körper gedient; die Wasserwägung geschah dann nicht allein für die ganzen Spindeln sondern auch für einzelne Theile derselben, bei jeder im Durchschnitt für 4 Theile. Beschrieben sind die sämmtlichen Untersuchungen in einer Publi-

cation der genannten Behörde „Metronomische Beiträge Nr. 8, Ueber die Bestimmung von Aräometern, Berlin 1891, J. Springer", auf welche verwiesen wird. Stellt man die Ergebnisse aller anderweitig für das Verhältniss des Kilogramms zu seinem Definitionwerth (als Masse eines Kubikdezimeters reinen Wassers grösster Dichte unter normalen Verhältnissen) angestellten Untersuchungen mit den auf der Normal-Aichungs-Kommission erlangten zusammen, so haben wir Folgendes:

Nach LEFÈVRE-GINEAU	ist das Kilogr. gleich dem Definitionsbetrag,	
- SHUCKBURGH u. KATER	- - -	um 480 mg zu klein,
- BERZELIUS, SVANBERG und ACKERMANN	- - - -	- 296 - - -
- STAMPFER	- - - -	- 347 - - gross,
- KUPFER	- - - -	- 11 - - -
- Normal-Aichungs-Kommission	- - - -	- 200 - - -

Im Mittel würde hiernach das Kilogramm, wie dasselbe praktisch im Platinkilogramm der Archive (Kilogramme des archives) durch die Arbeiten der Kommission der französischen Akademie bei Herstellung des metrischen Maasssystems seine Verkörperung gefunden hat, etwa um 36 mg zu klein ausgeführt sein. Wahrscheinlich entspricht dasselbe also seinem Definitionsbetrag bis auf $^1/_{30000}$ seines Werths. Indessen hat dieser Definitionsbetrag für Massenbestimmungen nur mehr theoretisches Interesse, hier ist die Einheit das praktisch ausgeführte Kilogramm. Wenn es sich aber um Raumbestimmungen handelt, muss einstweilen noch scharf unterschieden werden, ob solche durch directe lineare Ausmessungen geschehen oder durch hydrostatische Wägung. Das Liter weicht von dem Kubikdezimeter in derselben Art ab wie das Kilogramm von seinem Definitionsbetrag. Es wird sich darum empfehlen bei allen Raumbestimmungen anzugeben ob dieselben in Litern oder Kubikdezimetern ausgedrückt sind.

2. Zur **Sitzung vom 12. Juni d. J., Nr. 10** (siehe S. 71).

Hr. **K. Feussner:**

Ueber den Leitungswiderstand der Legirungen von Nickel und Kupfer.

In weiterem Verlauf der Untersuchungen von Metalllegirungen für Normalwiderstände, über welche ich der Physikalischen Gesellschaft bereits vor einiger Zeit berichtete, habe ich eine Reihe von dreizehn Legirungen von Nickel mit Kupfer untersucht. Es wurde die Abhängigkeit des spezifischen Widerstands und des Temperaturkoeffizienten von dem Gehalte von Nickel und Kupfer festgestellt. Das Messing- und Nickelwerk von Basse & Selve in Altena in Westf. hatte die Zuvorkommenheit die erforderlichen Legirungen speziell für diesen Zweck in vorzüglicher Beschaffenheit herzustellen. Die chemische Analyse derselben, welche in den Spalten 2 bis 5 der beistehenden Tabelle angegeben ist, wurde in dem chemischen Laboratorium der Phys. Techn. Reichsanstalt von den HHrn. Mylius, Förster und Fromm ausgeführt. Die folgenden Spalten enthalten das Ergebnis der elektrischen Untersuchung. Bei dieser wurde in der folgenden Weise verfahren. Zunächst wurde ein Stück des zu untersuchenden Drahtes von einem bis zwei Meter Länge an beiden Enden an Kupferstückchen angelötet und darauf Länge und Querschnitt des Drahtes bestimmt. Die Länge konnte leicht bis auf ein Zehntausendstel genau gemessen werden. Dagegen können in der Bestimmung des Querschnitts Fehler bis zu einem Prozent vorgekommen sein, weil für diese Messung nur ein gewöhnliches Schraubenmikrometer zur Verfügung stand. Der Durchmesser, welcher bei den meisten Sorten nahe 0,5 mm, bei einigen nahe 1,0 mm betrug, wurde am Anfang und am Ende des Drahtes in zwei um 90° verschiedenen Richtungen gemessen, und aus den erhaltenen Zahlen das Mittel genommen. Dann wurden die Drähte zu bifilaren Spiralen aufgewickelt. Die Berührung der einzelnen Windungen unter einander wurde entweder durch eine dem Draht vorhergegebene Seidenbespinnung oder durch eingeflochtene Seidenschnüre oder durch einen mit Einschnitten versehenen Glimmerstreifen verhindert. Die letztere Form hat sich für feinere Drähte gut

bewährt, weil der Draht hier durch den Glimmer vollständig gehalten ist, sodass nach dem Wickeln nicht leicht weitere Verbiegungen vorkommen können, und auch die kupfernen Kontaktstückchen an den Enden fast auf das Glimmerblatt aufgeschraubt werden können. Nach dem Wickeln wurde zunächst eine vorläufige Widerstandsmessung gemacht, darauf der Draht 24 Stunden lang in einem Trockenschranke auf ca. 120 Grad erhitzt und schliesslich die endgültigen Widerstandsmessungen bei verschiedenen Temperaturen zwischen 0 und 100 Grad vorgenommen. Die Drähte befanden sich hierbei in Erdölbädern, welche durch kleine, von einem Elektromotor getriebene Flügelschrauben in Bewegung gesetzte und durch elektrischen Strom annähernd auf konstanter Temperatur verschiedener Höhe gehalten wurden.

Die Messung des Widerstands geschah nach dem WHEATSTONE-schen Verfahren. Der zu messende Draht war mit einem Normalwiderstand von 0,5, 1 oder 5 Ohm hintereinander geschaltet und als Nebenschliessung dazu ein Stöpselrheostat angelegt, welcher von 100 bis 0,1 Ohm reichte. Der erste Widerstand dieses Satzes bildete den dritten, eine wechselnde Anzahl der übrigen den vierten Zweig der WHEATSTONE'schen Kombination. Anfangs wurde aus den Ausschlägen des Galvanometers bei zwei um 0,1 Ohm verschiedenen Werthen des vierten Zweiges der genaue Betrag des Widerstandes interpolirt. Da jedoch Aenderungen der Thermoelektromotorischen Kräfte bei dem Ziehen der Stöpsel eintraten und eine vollständige Nullmethode überhaupt genauere Resultate liefert als eine mit Interpolation verbundene, wurde später noch ein bis 40 000 Ohm reichender Widerstandssatz als Nebenschluss zu dem Normalwiderstand angelegt und hiermit so lange regulirt bis das Galvanometer bei dem Oeffnen und Schliessen der Batterieleitung völlig unbeweglich blieb. Die Zuleitungen zu dem Probedraht bestanden aus Kupferband von je 45 cm Länge bei 0,5 qcm Querschnitt und war mit einer abwärtsgebogenen Schleife durch ein auf Zimmertemperatur befindliches Erdölbad hindurchgeführt, um die Ueberleitung der Wärme auf die übrigen Widerstände möglichst zu verhindern. Die Temperatur der Vergleichswiderstände wurde

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Material		Analyse %Ni	Cu	Mn	Fe	Spez. Widerstand σ bei 0 Grad in Mikrohm-cm	$\frac{\Delta\sigma}{\Delta Ni}$	Temperaturkoeffizient $\alpha . 10^5$	$\frac{\Delta\alpha}{\Delta Ni}$	Bemerkungen
Kupfer		—	(100)	—	—	1,53		+377		Weicher Kupferdraht von Hesse, Söhne in Heidenheim. Nicht analysirt.
Nickelkupfer	A	10,04	89,85	Sp.	0,15	14,6	1,29	+49	33,0	
-	B	16,01	83,97	Sp.	0,18	21,6	1,17	+31	3,0	
-	C	20,04	79,76	Sp.	0,13	26,4	1,19	+27	1,0	
Patentnickel		24,07	74,92	0,02 Zn 0,70	0,58	31,3	1,21	+21	1,5	
Nickelkupfer	D	29,94	69,68	0,36	0,36	38,4	1,21	+12	1,54	Von Basse & Salve in Altena.
-	E	41,25	58,61	0,70	0,37	50,0	1,03	—3,2	1,34	
-	F	46,18	54,05	—	0,32	52,2	0,44	—8,0	0,97	
-	G	49,36	49,76	0,33	0,54	51,7	—	+4	—	
-	H	50,84	48,66	0,65	0,38	51,7	—	+5,5	—	
-	I	56,37	43,96	Sp.	0,34	52,5	—	+15	—	
-	K	62,02	38,44	Sp.	0,34	51,5	—	+16	—	
-	L	89,46	7,95	1,40	1,19	19,0	—	+300	—	
-	M	93,66	3,86	1,45	1,03	16,6	—	+290	—	
Nickel		(100)	—	—	—	12,3	—	+347	—	Sog. Reinnickeldraht von Basse & Salve. Nicht analysirt.

übrigens jedesmal gemessen und nebst dem Widerstand der Zuleitungen als Korrektion in Rechnung gezogen.

In der Tabelle ist in Spalte 6 der spezifische Widerstand und in der $\Delta\sigma/\Delta$Ni überschriebenen Spalte 7 die jedesmalige Aenderungsgeschwindigkeit desselben mit dem Nickelgehalt für die erste Hälfte der Reihe angegeben. Bis zu 40% Nickel ist die Zunahme des spezifischen Widerstands, wie man sieht, der des Nickels sehr nahe proportional, von 46 bis 56% Nickel hält derselbe sich nahe bei seinem Höchstwerth 52 und fällt dann in noch nicht genau festgestelltem Verlauf zu dem Widerstand des reinen Nickels ab. Der Temperaturkoeffizient der Legirungen ist in Spalte 8 in Einheiten der 5ten Dezimale, und in Spalte 9 für die erste Hälfte der Reihe die daraus berechnete jedesmalige Aenderungsgeschwindigkeit dieser Grösse mit dem Nickelgehalt angegeben. Im Allgemeinen sehen wir die bekannte Regel bestätigt, dass die Legirungen mit grossem spezifischen Widerstand einen kleinen Temperaturkoeffizient besitzen. Das Maximum des spezifischen Widerstandes fällt auch annähernd mit einem Minimum beziehungsweise negativem Maximum des Temperaturkoeffizienten zusammen. Doch dass diese Erscheinung auch nicht annähernd als eine umgekehrte Proportionalität angesehen werden darf, geht hier sehr augenscheinlich aus dem Umstand hervor, dass während von 0% bis 40% Nickel der spezifische Widerstand dem Nickelgehalt proportional zunimmt, der Temperaturkoeffizient in dem ersten Theil dieses Intervalls im Mittel eine 20 mal so schnelle Abnahme als in dem ferneren Verlauf zeigt. Von 16% bis 40% Nickel ist dieselbe der Zunahme des Nickels proportional. Die angegebenen Werthe der Temperaturkoeffizienten beziehen sich auf das Temperaturintervall von 17° bis 40° oder 50°, für höhere Temperaturen sind dieselben meist etwas kleiner, für niedrigere etwas grösser. Genauere Angaben über diesen Punkt hoffe ich später einmal geben zu können, wenn die Beobachtungen nach dieser Richtung hin weiter ausgedehnt sein werden.

Für die Bestimmung der Abhängigkeit der elektrischen Eigenschaften der Legirungen von der Zusammensetzung konnten die Beobachtungen nur Material herbei bringen, dagegen dürfte das Ergebnis derselben für die praktische Herstellung elektrischer Appa-

rate ein weitergehendes sein. Die Legirungen mit dem Temperaturkoeffizient Null sind für Messwiderstände jeder Art von erheblicher Bedeutung. Bei den Manganlegirungen kommen, wie früher mitgetheilt wurde, auch Legirungen mit sehr kleinem Temperaturkoeffizient vor. Doch ist bei diesen der Koeffizient wieder mit der Temperatur merklich veränderlich und die leichte Oxydirbarkeit des Mangans in der Wärme mit dem dabei sich bildenden Ueberzug von unlegirtem Kupfer erschwert die Herstellung feiner Drahtsorten ausserordentlich und macht eine vorsichtige Behandlung der Widerstände bei dem Gebrauche erforderlich. Dagegen stellt das Nickelkupfer mit hohem Nickelgehalt ein gegen Oxydation besonders widerstandsfähiges Material dar und die Veränderlichkeit des Temperaturkoeffizienten mit der Temperatur ist so klein, dass sie vernachlässigt werden darf. Diese Eigenschaften haben die Firma Basse und Selve veranlasst, die Herstellung des Nickelkupfers mit dem Temperaturkoeffizienten Null speziell für die Verwendung zu elektrischen Widerständen in grösserem Massstab in die Hand zu nehmen. Wegen der Konstanz des spezifischen Widerstands haben sie demselben die Bezeichnung „Konstanten“ gegeben.

Die Anwendung desselben wird sich nicht allein auf die seither üblichen Messapparate als Normalwiderstände, Rheostaten, Messbrücken u. A. erstrecken, es wird mit Hülfe desselben auch möglich sein Apparate, welche grössere Mengen elektrischer Energie umzuwandeln haben, wie z. B. die Belastungswiderstände für Maschinen und Batterien so herzustellen, dass sie gleichzeitig auch als Messapparate dienen können. Damit wird es möglich auch auf starke Ströme dieselben Messverfahren anzuwenden, welche seither nur für schwache Ströme in Gebrauch waren.

Geschenke.

H. von Helmholtz. Kürzeste Linien im Farbensystem. S.-A. Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 17. Dec. 1891.

C. Fliedner. Aufgaben aus der Physik. 7. Aufl. Herausgeg. von G. Krebs. Braunschweig 1891, F. Vieweg & Sohn.

C. Fliedner. Auflösungen zu den Aufgaben aus der Physik. 7. Aufl. Herausgeg. von G. Krebs. Braunschweig 1891, F. Vieweg & Sohn.

H. VON HELMHOLTZ. Versuch das psychophysische Gesetz auf die Farbenunterschiede trichromatischer Augen anzuwenden. Sep.-A. Zeitschr. f. Psychologie u. Physiologie d. Sinnesorgane, Bd. III. 1891.

H. JAHN. Die Grundsätze der Thermochemie und ihre Bedeutung für die theoretische Chemie. 2. Aufl. Wien 1892. A. Hölder.

L. KRONECKER. Die CLAUSIUS'schen Coordinaten. Sitz.-Ber. d. Berl. Akad. 30. Juli 1891.

F. SCHIFFNER. Die photographische Messkunst oder Photometrie, Bildmesskunst, Phototopographie. Halle a. S. 1892. W. Knapp.

E. BUDDE. Ueber den todten Raum der Chloral-Soda-Reaction. Nach Versuchen von E. BUDDE u. F. NEESEN. S.-A. Zeitschr. f. physikal. Chemie, VII. 1891 (2 Ex.).

E. RIECKE u. W. VOIGT. Die piëzoëlectrischen Constanten des Quarzes und Turmalins. Sep.-A. Göttinger Nachr. 1891, No. 8.

L. KRONECKER. Ueber eine Stelle in JACOBI's Aufsatz „Observatiunculae ad theoriam aequationum pertinentes“. — SOPHIE VON KOWALEVSKY. — Ueber die Zeit und die Art der Entstehung der JACOBI'schen Thetaformeln. — Eine analytisch-arithmetische Formel. S.-A. Journ. f. r. u. ang. Mathematik, Bd. 107, 1891.

L. KRONECKER. Summirung der GAUSS'schen Reihen

$$\sum_{h=0}^{h=n-1} e^{\frac{2h^2\pi i}{n}}.$$

— Bemerkungen über die Darstellung von Reihen durch Integrale. — Bemerkungen über die von GAUSS mit $[x]$ bezeichnete arithmetische Function einer reellen Grösse x. — Reduction der Systeme von n^2 ganzzahligen Elementen. — Anwendung der Modulsysteme auf Fragen der Determinantentheorie. S.-A. Journ. f. reine u. angew. Math., Bd. 105, 1891.

Elenco delle Pubblicazioni Periodici italiane ricevute della Biblioteca nel 1891. Biblioteca Nazionale Centrale di Firenza, 1891.

A. KÖNIG. Ueber den Helligkeitswerth der Spektralfarben bei verschiedener absoluter Intensität (nach gemeinsam mit R. RITTER ausgeführten Versuchen). Hamburg u. Leipzig, 1891. L. Voss.

K. WESENDONCK. Ueber die Erregung von Elektricität bei der Reibung von Kohlensäure an Metall. Naturw. Wochenschau, VIII. Jahrg. 1892, No. 3 (2 Ex.).



Mitgliederliste.

Im Jahre 1891 wurden in die Gesellschaft aufgenommen die Herren:
Prof. Dr. ADAMI, Dr. H. BORCK, Dr. W. BRIX, jun., Dr. M. BUSOLT, Dr. A. FRANKE, Dr. K. HOLLEFREUND, Dr. M. KOPPE, Prof. Dr. H. A. LORENTZ, Dr. ERNST MEYER, Prof. Dr. W. NERNST, Dr. V. SCHEMMEL, Dr. E. RICHTER, Dr. SELL, Dr. TEGETMEIER, Dr. THEURER, Dr. B. v. TIETZEN-HENNIG.

Dagegen verlor die Gesellschaft durch Tod:
Prof. A. RÖBER, Dr. J. W. EWALD und Prof. Dr. L. KRONECKER.

Ihren Austritt aus der Gesellschaft erklärten die Herren:
Dr. C. DEITE und Dr. P. STÄCKEL.

Am Ende des Jahres 1891 waren Mitglieder der Gesellschaft:

Hr. Prof. Dr. ADAMI in Bayreuth.
— Dr. P. ANDRIES*), SW., Oranienstrasse 123.
— Prof. K. ÅNGSTRÖM in Stockholm, Stockholm's Högskola.
— Prof. Dr. H. ARON, W., Bülowstrasse 107.
— Dr. L. ARONS, NW., Kronprinzenufer 8.
— ARTOPE in Elberfeld.
— Dr. R. ASSMANN, NW., Thurmstrasse 28.
— Dr. E. VAN AUBEL in Brüssel, Rue royal 3.
— Prof. Dr. F. AUGUST, W., Schillstrasse 12.

Hr. Prof. Dr. A. AUWERS, SW., Lindenstrasse 91.
— Prof. Dr. AVENARIUS in Kiew.
— O. BASCHIN, N., Swinemünderstrasse 1.
— Dr. BECKER in Darmstadt.
— P. BENOIT, SW., Wartenburgstrasse 23.
— A. BERBERICH, SW., Lindenstrasse 91.
— Dr. A. BERLINER in Charlottenburg, Knesebeckstrasse 3.
— Dr. G. BERTHOLD in Ronsdorf.
— Prof. Dr. W. v. BEZOLD, W., Lützowstrasse 72.
— A. BLÜMEL, SO., Melchiorstr. 22.

*) Berlin ist im Verzeichnisse weggelassen.

Hr. Dr. H. Borck in Friedenau, Handjerystrasse 47.
— Prof. Dr. R. Börnstein, W., Landgrafenstrasse 16.
— Dr. H. Böttger, NW., Lessingstrasse 13.
— Dr. H. E. J. G. du Bois, NW., Mittelstrasse 48.
— A. du Bois-Reymond in Westend bei Berlin, Ahorn-Allee 42.
— Prof. Dr. E. du Bois-Reymond, NW., Neue Wilhelmstrasse 15.
— Prof. Dr. L. Boltzmann in München.
— Prof. Dr. F. Braun in Tübingen.
— Prof. Dr. A. Brill in Darmstadt.
— Dr. W. Brix in Charlottenburg, Berliner Strasse 13/14.
— Dr. W. Brix jun., SW., Schützenstrasse 3.
— Dr. E. Brodhun in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 66.
— Prof. Dr. E. v. Brücke in Wien.
— Telegraphendirector Brunner in Wien.
— Prof. Dr. H. Bruns in Leipzig.
— Dr. E. Budde, NW., Lessingstrasse 18.
— F. Burckhardt in Basel.
— Dr. M. Busolt, W., Steglitzerstrasse 55.
— Dr. F. Caspary, NW., Invalidenstrasse 123.
— Prof. Dr. E. B. Christoffel in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. O. Chwolson in St.-Petersburg.
— Dr. Dehms in Potsdam.
— Prof. Dr. C. Dieterici in Breslau.
— Prof. Dr. Dietrich in Stuttgart.
— Dr. P. Drude in Göttingen.
— Dr. E. v. Drygalski, W., Steglitzerstrasse 39.
— Dr. A. Ebeling, W., Derfflingerstrasse 28.
— Prof. Dr. E. O. Erdmann, S., Brandenburgstrasse 73.
— F. Ernecke, SW., Königgrätzerstrasse 112.
— Dr. M. Eschenhagen in Potsdam, Magnetisches Observatorium.
Hr. Dr. C. Färber, SO., Elisabethufer 41.
— Dr. K. Feussner in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Fick in Würzburg.
— Prof. Dr. R. Finkener, W., Burggrafenstrasse 2a.
— Dr. A. Franke, NW., Cuxhavenerstrasse 3.
— Prof. Dr. R. Franz, C., Alexanderstrasse 41.
— Dr. G. Freund, NW., Unter den Linden 69.
— Dr. O. Frölich, Westend bei Berlin, Kastanien-Allee 2.
— Prof. Dr. Fromme in Giessen.
— Prof. Dr. L. Fuchs, NW., Kronprinzenufer 24.
— R. Fuess, SW., Alte Jacobstrasse 108/109.
— Prof. Dr. J. Gad, SW., Grossbeerenstrasse 67.
— Dr. H. Gerstmann, SW., Schöneberger Ufer 17.
— Dr. W. Giese, W., Bülowstrasse 80.
— Dr. P. Glan, NW., Klopstockstrasse 65.
— Prof. Dr. E. Goldstein, W., Königgrätzerstrasse 92.
— Dr. L. Grätz in München, Arcisstrasse 33.
— Dr. Th. Gross, W., Winterfeldstrasse 30a.
— Prof. Dr. P. Groth in München.
— Prof. Dr. Grotrian in Aachen.
— Dr. L. Grunmach, W., Schellingstrasse 5.
— Dr. G. Gruss in Prag.
— Prof. Dr. S. Günther in München.
— Dr. E. Gumlich in Charlottenburg, Grolmanstrasse 11.
— H. Hänsch, S., Stallschreiberstrasse 4.
— Dr. E. Häntzschel, W., Eisenacherstrasse 11.
— Prof. Dr. E. Hagen in Kiel.
— Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff in Basel.

Hr. Prof. Dr. M. Hamburger, NW., Karlstrasse 28.
— Prof. Dr. Hammerl in Innsbruck.
— G. Hansemann, W., Maassenstrasse 29.
— Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstrasse 6.
— Dr. B. Hecht in Königsberg i. Pr.
— F. v. Hefner-Alteneck, W., Hildebrand'sche Privatstrasse 4.
— Prof. Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstrasse 2/3.
— Prof. Dr. H. v. Helmholtz, Charlottenburg, Marchstr. 25b.
— Dr. A. Hempel, W., Bülowstrasse 72.
— Dr. K. Hensel, NW., Klopstockstrasse 39.
— Prof. Dr. H. Hertz in Bonn.
— Dr. A. Heydweiller in Würzburg.
— Prof. Dr. J. Hirschwald in Charlottenburg, Hardenbergstrasse 9.
— Dr. H. Hohnhorst, SW., Kleinbeerenstrasse 28.
— Dr. K. Hollefreund, S., Luisenufer 23.
— Prof. Dr. R. Hoppe, S., Prinzenstrasse 69.
— Dr. W. Howe in Westend bei Berlin, Kastanienallee 4.
— Prof. Dr. Hutt in Bernburg.
— Dr. W. Jaeger in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 65.
— Dr. F. Jagor, SW., Enke-Platz 4.
— Dr. H. Jahn, NW., Hindersinstrasse 1.
— Dr. S. Kalischer, W., Lutherstrasse 51.
— Prof. Dr. G. Karsten in Kiel.
— Prof. Dr. H. Kayser in Hannover.
— Prof. Dr. E. Ketteler in Münster i. W.
— Prof. Dr. J. Kiessling in Hamburg.
— Prof. Dr. F. Klein in Göttingen.
— Prof. Dr. H. Knoblauch in Halle.
— Prof. Dr. A. König, NW., Flemmingstrasse 1.

Hr. Prof. Dr. W. König in Leipzig, Sidonienstrasse 52.
— Dr. M. Koppe, NO., Strausbergerstrasse 7a.
— Dr. A. Köpsel, S., Kommandantenstrasse 46.
— Dr. F. Kötter, S., Annenstr. 1.
— Prof. Dr. F. Kohlrausch in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. W. Kohlrausch in Hannover.
— Prof. Dr. G. Krech, S., Brandenburgstrasse 34.
— Dr. D. Kreichgauer in Charlottenburg, Marchstrasse 25a.
— Dr. V. Kremser in Friedrichshagen.
— Dr. O. Krigar-Menzel, W., Sigismundstrasse 3.
— Prof. Dr. H. Kronecker in Bern.
— Prof. Dr. A. Kundt, NW., Neue Wilhelmstrasse 16.
— Dr. G. Lachmann, SW., Puttkammerstrasse 10.
— Prof. Dr. E. Lampe, W., Kurfürstenstrasse 139.
— Prof. Dr. H. Landolt, W., Königgrätzerstrasse 123b.
— Prof. Dr. C. Lange, W., Kleiststrasse 5.
— Dr. J. Lange, SW., Möckernstrasse 85.
— Prof. Dr. A. Leman in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 66.
— Dr. E. Less, NW., Albrechtstrasse 18.
— Prof. Dr. Lieberkühn in Marburg.
— Prof. Dr. Liebisch in Göttingen.
— Prof. Dr. O. Liebreich, W., Margarethenstrasse 7.
— Dr. St. Lindeck in Charlottenburg, Göthestrasse 66.
— Dr. E. Loew, SW., Grossbeerenstrasse 1.
— Prof. Dr. C. Ludwig in Leipzig.
— Prof. Dr. E. Lommel in München, Hessstrasse.
— Prof. Dr. H. A. Lorentz in Leyden.

Hr. Dr. G. Lübeck, N., Prenzlauer Allee 4.
— Dr. R. Lüpke, N., Invalidenstrasse 114.
— Dr. O. Lummer in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 72.
— Dr. Ernst Meyer, SW., Möckernstrasse 121.
— Dr. G. Meyer in Freiburg i. B.
— Dr. H. Meyer in Göttingen.
— Prof. Dr. O. E. Meyer in Breslau.
— Dr. W. Meyer, W., Kurfürstenstrasse 101.
— Dr. C. Michaelis in Potsdam.
— Dr. P. Micke, W., Kleiststrasse 18/19.
— Dr. James Moser in Wien.
— Prof. Dr. F. Müller, NW., Birkenstrasse 3.
— Dr. R. Müller, SW., Solmsstrasse 48.
— Dr. W. Müller-Erzbach in Bremen.
— Prof. Dr. A. Müttrich in Eberswalde.
— Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstrasse 4.
— Dr. R. Nahrwold in Charlottenburg, Knesebeckstrasse 91.
— Prof. Dr. F. Neesen, W., Zietenstrasse 6c.
— Prof. Dr. W. Nernst in Göttingen.
— Prof. Neubert in Dresden.
— Prof. Dr. C. Neumann in Leipzig.
— Prof. Dr. A. Oberbeck in Greifswald.
— Prof. Dr. A. v. Oettingen in Dorpat.
— Prof. Dr. A. Paalzow, W., Wilhelmstrasse 50.
— Prof. Dr. J. Pernet in Zürich-Hottingen, Minervastrasse.
— Prof. Dr. F. Petri, SO., Köpenickerstrasse 22a.
— Prof. Dr. L. Pfaundler in Innsbruck.
— Dr. J. Picker in Gross-Lichterfelde, Zehlendorferstr. 41-44.
— Prof. Raoul Pictet, C., Neue Promenade 3.

Hr. Prof. Dr. M. Planck, W., Eisenacherstrasse 5.
— Prof. Dr. L. Pochhammer in Kiel.
— Dr. F. Pockels in Göttingen.
— Dr. F. Poske, SW., Hallesche Strasse 21.
— Prof. Dr. W. Preyer, W., Nollendorfplatz 1.
— Dr. E. Pringsheim, NW., Kronprinzenufer 25.
— Prof. Dr. N. Pringsheim, W., Königin Augusta-Strasse 49.
— Dr. K. Prytz in Kopenhagen, Falkonergaardsvej 12.
— Prof. Dr. G. Quincke in Heidelberg.
— Dr. R. Radau in Paris.
— Dr. A. Raps, NW., Neue Wilhelmstrasse 16a.
— Prof. Dr. Recknagel in Kaiserslautern.
— Prof. Dr. O. Reichel in Charlottenburg, Berlinerstrasse 90.
— Dr. W. Reiss, W., Kurfürstenstrasse 98.
— Dr. F. Richarz in Endenich bei Bonn.
— Dr. E. Richter, O., Andreasplatz 5.
— Prof. Dr. E. Riecke in Göttingen.
— Dr. R. Ritter, NW., Herwarthstrasse 3a.
— Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlstrasse 24.
— Prof. Dr. J. Rosenthal in Erlangen.
— Director Dr. F. Roth in Leipzig.
— Dr. H. Rubens, W., Bellevuestrasse 15.
— Prof. Dr. Fr. Rüdorff in Charlottenburg, Marchstrasse 7e.
— Prof. Dr. Rühlmann in Chemnitz.
— Prof. Dr. C. Runge in Hannover.
— Prof. Dr. Saalschütz in Königsberg i. Pr.
— Dr. P. Schafheitlin in Charlottenburg, Joachimsthalerstr. 1.
— Dr. K. Scheel in Charlottenburg, Berlinerstrasse 115.
— Dr. J. Scheiner in Potsdam,

Astrophysikalisches Observatorium.
Hr. Dr. R. Schelske, NW., Beethovenstrasse 3.
— Dr. V. Schemmel, SW., Teltowerstrasse 48-49.
— Dr. Schenk, SW., Grossbeerenstrasse 17a.
— Prof. Dr. K. Schering in Darmstadt.
— M. Schlegel in Gross-Lichterfelde.
— Dr. Schönach in Innsbruck.
— Prof. Dr. J. Scholz, S., Hasenheide 54.
— Dr. P. Scholz in Steglitz.
— F. Schotte, SW., Grossbeerenstrasse 27a.
— Dr. P. Schottländer in Charlottenburg, Göthestrasse 87.
— Dr. Schülke in Osterode in O./Pr.
— Dr. F. Schulze-Berge in New-York, Menlo Park.
— Prof. Dr. A. Schumann, SW., Wartenburgstrasse 21.
— Prof. Dr. B. Schwalbe, NW. Georgenstrasse 30/31.
— R. Seebold, W., Nettelbeckstrasse 25.
— Dr. Sell in Charlottenburg, Schlüterstrasse 73.
— Dr. G. Sieben in Gross-Lichterfelde.
— Dr. Wern. v. Siemens, Charlottenburg, Berlinerstrasse 36.
— Wil. v. Siemens, W., Königgrätzerstrasse 2-3.
— Prof. Dr. P. Silow in Warschau.
— Dr. W. Sklarek, W., Magdeburgerstrasse 25.
— Prof. Dr. A. Slaby in Charlottenburg, Sophienstrasse 4.
— Dr. P. Spies, NW., Melanchtonstrasse 7.
— Prof. Dr. G. Spörer in Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium.
— Dr. A. Sprung, W., Winterfeldstrasse 33.
— Dr. F. M. Stapff in Weissensee, Berlinerstrasse 3.
— Dr. Steiner in Erlangen.

Hr. Prof. Dr. F. Stenger in Dresden.
— Dr. K. Strecker, W., Bülowstrasse 51.
— Prof. Dr. V. Strouhal in Prag, Clementinum.
— Dr. R. Süring, N., Rosenthalerstrasse 50.
— Dr. Tegetmeier, NW., Kirchstrasse 24.
— Dr. Theurer in Prag.
— Prof. Dr. M. Thiesen in Charlottenburg, Potsdamerstrasse 11.
— Dr. B. v. Tietzen - Hennig, NW., Cuxhavenerstrasse 5.
— Prof. H. Thurein, N., Chausseestrasse 40.
— Prof. Dr. J. Tyndall in London, Albemarlestreet 22.
— Dr. Fr. Vettin, SW., Bernburgerstrasse 24.
— Prof. Dr. R. Virchow, W., Schellingstrasse 10.
— Prof. Dr. P. Volkmann in Königsberg i. Pr.
— Prof. Dr. H. C. Vogel in Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium.
— Prof. Dr. H. W. Vogel, W., Kurfürstenstrasse 124.
— Dr. E. Wagner in Breslau.
— Prof. Dr. E. Warburg in Freiburg i. Br.
— Prof. Dr. A. Wangerin in Halle a. S., Burgstrase 27.
— Dr. C. L. Weber in München, Briennerstrasse 35.
— Prof. Dr. H. F. Weber in Zürich.
— Prof. Dr. L. Weber in Kiel.
— Dr. W. Wedding, W., Lützowplatz 10.
— Prof. Dr. K. Weierstrass, W., Friedrich-Wilhelmstrasse 14.
— Prof. Dr. J. Weingarten, W., Regentenstrasse 14.
— Dr. B. Weinstein, S., Urbanstrasse 1.
— Dr. C. Weltzien in Zehlendorf.
— Dr. K. Wesendonck, W., Wilhelmstrasse 66.
— F. Wiebe, W., Burggrafenstrasse 8.

Hr. Dr. E. Wiechert in Königsberg i. Pr.
— Prof. Dr. G. Wiedemann in Leipzig.
— Prof. Dr. E. Wiedemann in Erlangen.
— Dr. W. Wien in Westend bei Berlin, Rüsternallee 8.
— Dr. O. Wiener in Strassburg i. E.

Hr. Dr. J. Wilsing in Potsdam, Astrophysikalisches Observatorium.
— Dr. W. Wolff in Charlottenburg, Joachimsthalerstrasse 43.
— Prof. Dr. J. Worpitzky, NW., Georgenstrasse 46.
— Prof. Dr. A. Wüllner in Aachen.
— R. Wurtzel in Spandau.
— Prof. Dr. W. v. Zahn in Leipzig.

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

im Jahre 1892.

Elfter Jahrgang.

Herausgegeben

von

Arthur König.



Leipzig, 1893.

Verlag von Johann Ambrosius Barth.

(Arthur Meiner.)

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhaltsverzeichniss *).

*) Ueber die mit einem * versehenen Vorträge ist kein Referat gegeben.

Jahrg. 11. Nr. 1.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 8. Januar 1892.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **F. Kurlbaum** spricht:

Ueber die Herstellung eines Flächenbolometers.

Die darauf bezüglichen Versuche sind gemeinsam mit Hrn. O. Lummer angestellt.

Hr. **E. Pringsheim** berichtet dann über seine Versuche, betreffend

die Lichtemission elementarer Gase

und demonstrirt den Anwesenden die wichtigsten der besprochenen Erscheinungen.

Sitzung vom 29. Januar 1892.

Vorsitzender: (i. V.) Hr. B. Schwalbe.

Hr. **E. Lampe** hält folgende Ansprache:

Zu den Verlusten an alten Mitgliedern, welche das vergangene Jahr der Physikalischen Gesellschaft gebracht hat, kam in seinen letzten Tagen der von

Prof. Dr. **Leopold Kronecker,**
geb. den 7. December 1823 zu Liegnitz,
gest. den 29. December 1891 zu Berlin.

Im Jahre 1862 trat er in die Gesellschaft ein, ist also beinahe dreissig Jahre der unsrige gewesen,

und obgleich er nur selten in den Sitzungen erschienen ist, meines Wissens auch nie das Wort ergriffen hat, so beklagen wir mit der Universität, der Academie, der ganzen gelehrten Welt Deutschlands und Europas das plötzliche Dahinscheiden eines der hervorragendsten Mathematiker nicht bloss unserer Tage, dessen Mitgliedschaft unserer Gesellschaft zur hohen Ehre gereicht hat.

Es kann hier nicht davon die Rede sein, auch nur im Fluge die wissenschaftliche Bedeutung des Mannes zu schildern, dessen Gedanken noch auf längere Zeit hin den Antrieb zu neuen mathematischen Forschungen geben werden. Nur auf einige wenige Züge möchte ich in diesem Augenblicke die Aufmerksamkeit lenken. Durch glückliche Umstände wurde der junge LEOPOLD KRONECKER auf die Bahn geleitet, der er unwandelbar bis zu seinem Ende gefolgt ist. Ein geistesverwandter Genius, der noch lebende ERNST EDUARD KUMMER führte als Lehrer des Gymnasiums zu Liegnitz ihn in die Elemente derjenigen Gebiete ein, denen er später seine Lebensarbeit gewidmet hat. Eine innige Freundschaft hat beide Forscher stets verbunden gehalten, von denen der jüngere in dem älteren seinen geistigen Vater verehrte. Als vor etwa zehn Jahren ein Manuscript für das von KRONECKER redigirte Journal für Mathematik einlief, zog dieser aus dem Kasten ein Primanerheft der Liegnitzer Gymnasialzeit, in welchem die Grundgedanken der eingelieferten Abhandlung über die BERNOULLI'schen Zahlen nach einer von KUMMER gestellten Aufgabe behandelt worden waren.

„Wem er geneigt, dem sendet der Vater der Menschen und Götter
Seinen Adler herab, trägt ihn zu himmlischen Höhn.“

Neben KUMMER wurde später DIRICHLET sein Lehrer, sein Vorbild und bald sein verehrter Freund. Aber

sehr früh auch wandte sich KRONECKER selbständig den Problemen zu, aus deren Ergründung er mit klarem Bewusstsein seine wissenschaftliche Lebensaufgabe gemacht hat. Die erste Mittheilung, welche der noch nicht Dreissigjährige am 20. Juni 1853 der Berliner Academie durch DIRICHLET vorlegen liess, stellte seine algebraischen Forschungen mit einem Schlage neben die von ABEL, GALOIS, HERMITE. Der überwältigende Eindruck der Arbeiten des jungen Gelehrten auf die Zeitgenossen wird am besten durch die Worte DIRICHLET's aus seinem Briefwechsel mit KRONECKER beleuchtet (Göttinger Nachr. 1885, p. 374): „Für die überaus grosse Freude, welche mir die Mittheilung Ihrer schönen Entdeckungen verursacht hat, finde ich keinen passenderen Ausdruck, als Ihnen aus voller Ueberzeugung macte virtute zuzurufen. Zugleich kann ich Ihnen nicht verhehlen, dass sich dieser Freude etwas Egoismus beimischt, da ich mir bei aller Bescheidenheit das Zeugniss nicht versagen kann, dass ich Sie zuerst in die unteren Regionen einer der Wissenschaften eingeführt habe, auf deren Höhen Sie jetzt als Meister einherschreiten. Ich rede absichtlich nur von einer der Wissenschaften, denn an Ihrer algebraischen Grösse muss ich mich völlig unschuldig erklären.“ Zur vollen Würdigung solcher Leistungen ist es nöthig, den Umstand zu erwähnen, dass die Ordnung geschäftlicher Familienangelegenheiten auf mehrere Jahre die Zeit KRONECKER's vollständig in Anspruch genommen hatte.

Es konnte nicht ausbleiben, dass die Akademie der Wissenschaften zu Berlin, welcher KUMMER seit 1855 als Mitglied angehörte, den als Privatmann in unserer Stadt lebenden Mathematiker 1861 in ihre Mitte berief. Der Siebenunddreissigjährige entwickelte in seiner Antrittsrede das Programm der Aufgaben, an deren Lösung er seine Kräfte setzen wollte. Die

Algebra, die Zahlentheorie, die complexe Multiplication der elliptischen Functionen werden als die Zweige der Mathematik erwähnt, auf deren Erforschung sein Sinn und Streben gerichtet sei. „Die Verknüpfung dieser drei Zweige der Mathematik erhöhte den Reiz und die Fruchtbarkeit der Untersuchung; denn ähnlich, wie bei den Beziehungen verschiedener Wissenschaften zu einander, wird da, wo verschiedene Disciplinen der Wissenschaft ineinandergreifen, die eine durch die andere gefördert und die Forschung in naturgemässe Bahnen gelenkt.“

Bei einer Durchsicht der langen Reihe bedeutender wissenschaftlicher Arbeiten, die KRONECKER veröffentlicht hat, ist dieser Gedanke als der rothe Faden erkennbar, der sich durch alle hinzieht. Die zielbewusste Forschung verleiht, bei aller Vielseitigkeit der durchgearbeiteten Themata, seinem ganzen Lebenswerke den Charakter eines einheitlichen Kunstwerkes. Die Verwandtschaft des mathematischen Schaffens mit dem künstlerischen war ja ein Lieblingsgedanke des Verstorbenen. Diejenige Gestalt, welche der Lebensgedanke KRONECKER's im letzten Jahrzehnt angenommen hatte, erhellt am klarsten aus seinem Aufsatze: „Ueber den Zahlbegriff“ [1]): „In der That steht die Arithmetik in ähnlicher Beziehung zu den anderen beiden mathematischen Disciplinen, der Geometrie und Mechanik, wie die gesammte Mathematik zur Astronomie und den anderen Naturwissenschaften. . . Dabei ist aber das Wort „Arithmetik“ nicht in dem üblichen beschränkten Sinne zu verstehen, sondern es sind alle mathematischen Disciplinen mit Ausnahme der Geometrie und Mechanik, also namentlich die Algebra und Analysis, mit darunter zu begreifen. Und ich glaube auch, dass es dereinst gelingen wird, den ge-

1) Festschrift für E. ZELLER u. Journ. f. Math. **101**. p. 338.

sammten Inhalt aller dieser mathematischen Disciplinen zu „arithmetisiren", d. h. einzig und allein auf den im engsten Sinne genommenen Zahlbegriff zu gründen, also die Modificationen und Erweiterungen dieses Begriffs wieder abzustreifen, welche zumeist durch die Anwendungen auf die Geometrie und Mechanik veranlasst worden sind." Der Arithmetik in diesem weiteren Sinne, dieser „Königin der Mathematik", wo „in der Olympier Schaar thronet die ewige Zahl", war Kronecker's Dienst geweiht. Lange Jahre arbeitete er in privater Zurückgezogenheit, ohne durch die Pflichten und Sorgen eines Amtes in der Verfügung über seine Arbeitszeit eingeengt zu sein; indem er jedoch das „nonumque prematur in annum" sorglich beachtete, gab er nur in Zwischenräumen Kunde von den Früchten seines Nachdenkens. Von der Berechtigung, die er als Akademiker hatte, an der Universität Vorlesungen zu halten, machte er seit Michaelis 1861 in den Wintersemestern regelmässig Gebrauch, zuweilen auch in den Sommersemestern. Nach der Uebernahme der Professur für Mathematik an der Universität im Jahre 1883 wuchs diese Thätigkeit des Sechzigjährigen, der seit dem Sommer 1880 auch die Redaction des Journals für Mathematik in Gemeinschaft mit Weierstrass übernommen hatte; zugleich wuchs nun aber auch das Verlangen, die Gedanken zu veröffentlichen, welche er lange mit sich herumgetragen hatte, um sie reifen zu lassen. Er setzte seinen Stolz darin, jede Vorlesung wie eine originale Leistung zu behandeln, seinen Schülern immer neue Gedanken aus seinem schier unerschöpflichen Vorrathe vorzutragen, nie bei einer neuen Vorlesung über dasselbe Thema sich völlig zu wiederholen. Die auf seine Veranlassung von einzelnen seiner Schüler ausgearbeiteten Vorträge, zu denen er den Stoff oft genug in der vorangehenden Nacht in wenigen, nur für ihn ver-

ständlichen Aufzeichnungen sammelte und ordnete, standen bei ihm in einer stattlichen Reihe von Bänden und legen Zeugniss ab von der Mühe, die er auf seine Vorlesungen verwandt hat, enthalten gewiss auch manche Ideen, zu deren Veröffentlichung er nicht die Zeit gewonnen hat. Aus der Anregung jedoch, welche er durch diese Vorträge erhielt, die Ergebnisse seiner Forschungen so darzustellen, dass dieselben anderen Menschen mitgetheilt werden konnten, erklärt sich wohl die erstaunliche Fülle seiner Publicationen in dem verflossenen Jahrzehnt. Als ob er eine Ahnung gehabt hätte, dass seiner Thätigkeit einmal plötzlich ein Ziel gesetzt werden könnte, bezeichnete er einst in wehmüthiger Stimmung seine Festschrift zu KUMMER's fünfzigjährigem Doctorjubiläum als sein wissenschaftliches Testament. In der That reicht ja die Entstehung der hier zusammengestellten Grundzüge der arithmetischen Theorie der algebraischen Grössen in die Jugendzeit KRONECKER's zurück, und die weiteren derselben Entwickelungen beschäftigten ihn und seine Schüler in den folgenden neun Jahren, während deren er zum Glück für die Wissenschaft nach der Veröffentlichung jener Schrift die einzuschlagenden Wege hat weisen können.

Trotz des schweren Verlustes der Gattin, der den Verewigten im vorigen Sommer tief beugte, sodass er „als Mensch“ verzweifelte, weiter leben zu können, war der Achtundsechziger „als Mathematiker“ noch immer so frisch und klar, dass eine fortgesetzte reiche Ernte seines Geistes erwartet werden durfte. Der 29. December des abgelaufenen Jahres hat uns plötzlich alles geraubt; viele Früchte der tiefsinnigen Ueberlegungen seiner durchwachten arbeitsvollen Nächte hat er mit sich ins Grab genommen. Die mathematische Welt, welche auf ihn als eine unversiegbare Quelle neuer Gedanken blickte, welche von ihm ein gewich-

tiges Urtheil über den Werth neuer Entdeckungen erhielt, ist starr in dem Gefühle der Leere des Platzes, den er einnahm. Wir alle betrauern den Verlust einer Zierde deutscher Gelehrsamkeit, und diejenigen, welche das Glück hatten, ihm näher zu treten, beweinen den Verlust eines auf den Höhen der Menschheit wandelnden, kunstsinnigen und vielseitig gebildeten Mannes und eines gastfreien Freundes, der in herzlichem Wohlwollen an den Geschicken seiner Mitmenschen Antheil nahm.

Hr. E. **Budde** gedenkt dann des grossen Verlustes, den die astronomische, physikalische und mathematische Wissenschaft durch den am 2. Januar 1892 erfolgten Tod von

Georg Biddell Airy

erlitten hat.

Der Verstorbene war am 27. Juli 1801 zu Alnwick in Northumberland geboren, bezog 1819 die Universität Cambridge, studirte Mathematik, graduirte daselbst 1823 mit Auszeichnung und wurde 1824 zum Fellow von Trinity-College ernannt. 1826 wurde er Professor der Mathematik, 1828 Director des astronomischen Observatoriums von Cambridge und 1835 nach dem Abgange Pond's Director des Observatoriums in Greenwich, Königlicher Astronom für England. Diese höchste Stelle, welche einem englischen Astronomen zugänglich ist, hat er bis an sein Lebensende bekleidet und hat ihr durch seine unermüdliche Thätigkeit eine früher nicht erreichte wissenschaftliche Bedeutung gegeben.

Durch sein ganzes Wirken geht ein Zug von eminent praktischer Begabung und Neigung; die Mathe-

matik war ihm ein Mittel zur Förderung der Beobachtung und des praktischen Könnens. Gleich seine erste Abhandlung (Bd. 2 der Cambridge transactions) beschäftigt sich mit der Frage, ob und unter welchen Bedingungen versilberte Glasspiegel in Teleskopen zu verwenden seien, und von ähnlichem Charakter sind viele seiner späteren Arbeiten. Wie der grösste Theil seiner Lebensdauer, so war auch der grösste Theil seiner Bemühungen der Astronomie und den Zwecken der Observatorien gewidmet; diese können hier nur kurz berührt werden. Als Director in Cambridge führte er sofort regelmässige Reduction der Beobachtungen, genaue Arbeitspläne nnd auf Grund derselben eine feste Routine der Beobachtung ein; als Astronomer Royal hat er die ganze instrumentelle Ausrüstung von Greenwich umgebildet, hat auch dort regelmässige Reduction mit pünktlicher Veröffentlichung verbinden lassen und sich schliesslich der fünfzehnjährigen Arbeit unterzogen, die alten Greenwicher Beobachtungen von 1750 an zu reduciren; die grosse Menge von verarbeiteten Material, welche durch diese Leistungen den Astronomen zugänglich gemacht wurde, sicherte ihm die dankbare Anerkennung seiner Fachgenossen. Seit 1838 hat er in Greenwich magnetische und meteorologische Beobachtungen, später auch einen heliographischen und spectrographischen Dienst eingeführt. Eine Reduction auch der meteorologischen Daten lag in seinem Plan, er gab sie aber auf. weil ihm die leitenden theoretischen Gesichtspunkte nicht genügend entwickelt schienen, um eine solche Arbeit fruchtbar zu machen. Neben seiner grossartigen organisirenden und rechnenden Thätigkeit blieb ihm Zeit für eine Reihe von gediegenen Einzelabhandlungen, sowie zur Mitwirkung bei der Erfüllung practischer Bedürfnisse von Wissenschaft und Technik. Hierher sind z. B. zu rechnen die Erfindung eines

Doppelbildmikrometers, seine Arbeit für die Wiederherstellung der beim Brande des Parlaments verloren gegangenen Normalmaasse, seine Untersuchungen über den Einfluss, welchen die Bewegung eiserner Schiffe auf den Compass ausübt und über die dafür anzubringenden Correctionen, seine Mitwirkung bei der Feststellung der Spurweite von Eisenbahnen, bei der Einführung von Gasmessern u. s. w.

Unter seinen astronomischen Arbeiten ist eine, die auch für die Physik von grossem Interesse ist, die 1869 vorgenommene Bestimmung der Aberration in einem mit Wasser gefüllten Fernrohr. Im übrigen datiren seine rein physikalischen Arbeiten zumeist aus der ersten Periode, aus der Zeit der Fellowship und Professur. Energisch, wie in anderen Dingen, so auch in seinem Beruf als Lehrer, stellte er sich die Aufgabe, den angehenden Gelehrten verschiedene Zweige der theoretischen Physik durch zusammenhängende Bearbeitung zugänglicher zu machen und schrieb eine Reihe von werthvollen „tracts“ über Mond- und Planetentheorie, über Gestalt der Erde, über Theorie der Beobachtungsfehler und Magnetismus. Ausserdem veröffentlichte er in den Transactions von Cambridge eine Anzahl von Abhandlungen über specielle Fragen der Mechanik und Physik, über Bewegung und Anziehung einer flüssigen Masse, welche wenig von der Kugelgestalt abweicht, über Zahnräder und Echappements, über die Möglichkeit eines Perpetuum mobile, wenn man voraussetzt, dass die Kräfte sich nicht momentan fortpflanzen, über die Grundsätze für die Construction astronomischer Linsensteme, über sphärische Abberation, über einen eigenthümlichen Fehler des Auges (enthält die Entdeckung des Astigmatismus), über Pendelcorrectionen. In allen zeigt sich, neben ungewöhnlichem mathematischen Scharfsinn der auf die greifbare Frage gerichtete Sinn. Mit besonderem

Glück betheiligte er sich seit 1824 an der damals neuen Bearbeitung der Wellentheorie des Lichts; seine Untersuchungen über NEWTON'sche Ringe ergaben wesentliche Stützpunkte für dieselbe, und seine Abhandlung über die Polarisationserscheinungen im Quarz, ist zum bleibenden Gemeingut geworden. Die letztere hat auch seinen Namen mit dem Phänomen der „AIRY'-schen Spiralen" für immer associirt.

An den wissenschaftlichen Ehren, die seinen Leistungen entsprachen, hat es ihm nicht gefehlt; er war schon früh Präsident der astronomischen Gesellschaft von England, später Vorsitzender der Royal Society, mit dem Titel Sir ausgezeichnet und Mitglied oder Ehrenmitglied der bedeutendsten wissenschaftlichen Gesellschaften des Continents. Hochgeachtet und beliebt starb er am 2. Januar 1892 im 91. Jahre seines Lebens, und sein kräftiger Organismus würde auch diese hohe Grenze wohl noch überschritten haben, wenn er nicht im vergangenen Sommer durch einen Sturz geschwächt worden wäre. Mit ihm scheidet einer der würdigsten und thätigsten Vertreter der englischen, wir können sagen der europäischen Wissenschaft.

Zum ehrenden Gedächtniss der beiden Verstorbenen erheben sich die Anwesenden von den Sitzen.

Hr. A. **König** spricht dann auf Grund von gemeinsam mit Hrn. R. RITTER ausgeführten Versuchen

über den Helligkeitswerth der Spectralfarben bei verschiedener absoluter Intensität.

J. PURKINJE hat zuerst darauf hingewiesen, dass die relative Helligkeit von verschieden gefärbten Pigmenten durch eine Aenderung in der Intensität ihrer Beleuchtung in ver-

schiedener Weise beeinflusst wird. In der Dämmerung ist Blau heller als Roth, wenn für mittlere Helligkeit beide Farben gleich hell zu sein scheinen. DOVE und SEEBECK haben die Erscheinung später eingehender verfolgt, und Hr. VON HELMHOLTZ fand zuerst, dass sie auch bei Spectralfarben zu beobachten war. Haben zwei verschieden gefärbte Felder bei einer mittleren Intensität gleiche Helligkeit, so wird nach gleicher Verminderung der objectiven Intensität beider, dasjenige Feld, welches von dem kurzwelligeren Lichte erleuchtet ist, das hellere sein, während nach einer Vermehrung der Intensität das langwelligere heller aussieht. Hr. E. BRODHUN[1]) hat vor einigen Jahren dann dieses „PURKINJE'sche Phänomen" messend untersucht und gefunden, dass dasselbe bei den von ihm benutzten Helligkeiten nach oben hin endlich nicht mehr zu beobachten war, d. h. dass von einer bestimmten Helligkeit an alle Farben ihre relative Helligkeit in gleichem Maasse ändern, wenn ihre objective Intensität um denselben Betrag erhöht wird. In dieser Helligkeitsstufe ist man daher erst berechtigt die Intensitätsvertheilung im Spectrum ohne besondere Angabe über die Helligkeit, bei der die Vergleichungen gemacht sind, durch eine Curve darzustellen. Solche Curven hat Hr. BRODHUN sowohl für mein (normales trichromatisches) Auge, als auch für sein (grünblindes) Auge und für das (rothblinde) Auge des Hrn. R. RITTER ausgeführt und veröffentlicht.

Es ist nun aber ersichtlich, dass man Curven der Helligkeitsvertheilung im Spectrum bei jeder Helligkeitsstufe gewinnen kann: sie haben aber nur dann Werth, wenn zugleich die Helligkeitsstufe so angegeben wird, dass sie reconstruirbar ist.

In einer umfangreichen Arbeit, über deren kleineren Theil ich hier berichte[2]), haben nun Hr. R. RITTER und ich solche Curven für unsere Augen und für diejenigen einiger anderer Beobachter bei sehr verschiedener Helligkeit zu gewinnen versucht. In der Gestaltänderung dieser Curven mit steigender

1) E. BRODHUN, Beiträge zur Farbenlehre. Inauguraldiss. Berlin 1887.

2) A. KÖNIG, Ueber den Helligkeitswerth der Spectralfarben bei verschiedener absoluter Intensität. (In: Beiträge zur Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane (VON HELMHOLTZ-Festschrift) Hamburg und Leipzig 1891, Leopold VOSS.)

absoluter Intensität muss nun natürlich das PURKINJE'sche Phänomen in der Art hervortreten, dass mit steigender Helligkeit die Ordinaten um so stärker wachsen, je grösser die Wellenlänge des betreffenden Spectrallichtes ist; dadurch wird sich dann auch das Maximum in der Richtung zum rothen Ende hin verschieben.

Die Beobachtung geschah in der Art, dass eine Fläche, welche Licht von der Wellenlänge 535 $\mu\mu$ (Thalliumgrün) enthielt, stets unverändert beibehalten, und nun die Lichtmenge in Spaltbreiten bestimmt wurde, welche bei den verschiedenen Wellenlängen des betreffenden Spectrums erforderlich ist, um dieselbe Helligkeit zu erzielen. Das Reciproke dieser Spaltbreite nenne ich für die benutzte Helligkeitsstufe den Helligkeitswerth des untersuchten Spectrallichtes.

Die niedrigste Helligkeitsstufe lag der unteren Reizschwelle sehr nahe, sie war so gering, dass der Beobachter mindestens $^1/_4$ Stunde in absoluter Dunkelheit verweilt haben musste, um sie überhaupt wahrzunehmen. Nennen wir die Lichtmenge 1, welche erforderlich war, um diese Helligkeit auf dem erwähnten grünen Vergleichsfelde herzustellen, so sind die übrigen benutzten Helligkeitsstufen gegeben durch die Lichtmengen 16, 256, 1024, 4096, 16384, 65536 und 262 144. Die letzte Helligkeitsstufe entspricht bei meinem Auge ungefähr der Helligkeit, unter der ein mit 600 Meterkerzen erleuchtetes weisses Papier erscheint, wenn ich es durch ein Diaphragma von 1 qmm Oeffnung betrachte.

Die wesentlichen Resultate, welche sich bei den verschiedenen Beobachtern ergeben, lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen, wobei alle Angaben auf das Dispersionsspectrum des Gaslichtes sich beziehen.

1. Für alle Beobachter (zwei Trichomaten, ein Grünblinder und ein Rothblinder) hatte die Curve der Helligkeitswerthe für die dunkelste Stufe fast genau dieselbe Gestalt und zwar diejenige, welche von DONDERS, Hrn. HERING und von Hrn. DIETERICI und mir bei angeborener Monochromasie für grössere Helligkeitsstufen beobachtet ist. Ihr Maximum lag ungefähr bei 535 $\mu\mu$.

2. Mit steigenden Helligkeitsstufen wandert bei den Trichromaten das Maximum erst langsam, dann schneller und

endlich wieder sehr langsam. Bei der höchsten benutzten Helligkeitsstufe liegt es ungefähr bei 610 $\mu\mu$.

3. Grünblinde zeigen, soweit die gemachten Beobachtungen reichen, dieselben Verhältnisse wie die Trichromaten.

4. Bei Rothblinden wandert das Maximum mit steigender Helligkeitsstufe anfänglich ebenso wie bei den Trichromaten langsam nach dem langwelligen Ende hin, erreicht bei mittlerer Helligkeitsstufe die Wellenlänge 570 $\mu\mu$ und bleibt hier, soweit die Beobachtungen reichen, auch für höhere Stufen stehen.

Die unter 1 angegebene Thatsache war von Hrn. E. Hering und den Anhängern seiner Theorie der Gegenfarben vorausgesagt und kurz vor der Veröffentlichung unserer Untersuchungen ebenfalls beobachtet worden. Dass man in ihr aber keinen Beweis für die Richtigkeit dieser Theorie zu sehen berechtigt ist, ergibt sich aus der von mir gleichzeitig gemachten Beobachtung, dass die Vertheilung der Helligkeit im Spectrum in einzelnen Fällen auch dann ungeändert bleibt, wenn durch peripher oder central gelegene pathologische Processe die eigentliche Farbenempfindung völlig verloren geht und nur die Empfindungsreihe Schwarz-Grau-Weiss bestehen bleibt.

Sitzung vom 12. Februar 1892.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **S. Kalischer** spricht

zur Theorie und Berechnung der Stromverzweigung in linearen Leitern.

Hr. **E. Budde** trägt darauf vor

über integrirende Divisoren und Temperatur.

Geschenke.

L. A. Zellner. Vorträge über Akustik. 2 Bde. Wien, Pest, Leipzig. 1892. A. Hartleben's Verlag.

E. Wiedemann und H. Ebert. Ueber electrische Entladungen. S.-A. Sitzungsber. der physikal.-med. Societät zu Erlangen. 14. Dec. 1891.

F. Braun. Ueber electrische Kraftübertragung, insbesondere über Drehstrom. Tübingen. 1892. H. Laupp.

G. Schwalbe. Ueber die Maxima und Minima der Jahrescurven der Temperatur. Inaugural-Dissertation. Berlin. 1892.

Astronomische Arbeiten der Oesterreichischen Gradmessungs-Commission. Bestimmung der Polhöhe und des Azimutes auf den Stationen: Krakau, Jauerling und St. Peter bei Klagenfurt. Ausgeführt und herausgegeben von W. Tinter. Wien. 1891. Selbstverlag der Oesterreichischen Gradmessungs-Commission.

E. Netoliczka. Bilder aus der Geschichte der Physik. Nach dem Tode des Verfassers fortgesetzt und durchgesehen von A. Wachlowski. Wien. 1891. A. Pichler's Wwe. & Sohn.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 11. **Nr. 2.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 26. Februar 1892.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **F. Neesen** trägt vor
über Messung von Verdampfungswärmen.

Hr. **M. Thiesen** spricht dann:

1. Ueber vollkommene Diopter.

Im Anschlusse an den in einer früheren Veröffentlichung [1]) eingeführten Sprachgebrauch wird als *vollkommenes Diopter* eine Reihe von durchsichtigen Medien bezeichnet, durch welche eine scharfe dioptrische Abbildung einer Fläche, welche in einem isotropen homogenen Medium liegt, auf einer anderen conjugirt genannten Fläche bewirkt wird, wenn diese einer gleichen Bedingung genügt. Der Vortragende beschränkt sich auf die Behandlung des speciellen Falles, in welchem die conjugirten Flächen Ebenen sind und eine geometrisch ähnliche Abbildung dieser Ebenen aufeinander stattfindet; der allgemeine Fall bietet indessen keinerlei Schwierigkeit.

Die Wirkung eines Diopters ist vollständig durch die Zeit bestimmt, in welcher das Licht von einem beliebigen Punkte der einen zu einem Punkte der anderen Grenzfläche des Diopters gelangt. Diese als Charakteristik des Diopters bezeichnete Grösse ist im allgemeinen eine Function von vier Variabeln, welche die Lage der Punkte in den beiden Flächen bestimmen. Für ein vollkommenes Diopter, dessen Grenzen überdies mit den conjugirten Flächen zusammenfallen, entartet aber die Charakteristik. Da jedem Punkte der einen Fläche nur ein bestimmter Punkt der conjugirten Fläche entspricht, so bestehen zwei Bedingungsgleichungen zwischen den vier Variabeln, welche die beiden Punkte bestimmen, die Charakteristik reducirt sich auf eine Function von zwei Variabeln und

1) M. Thiesen, Sitzungsber. d. Berl. Acad. 1890. p. 799.

zur vollständigen Bestimmung des Diopters müssen noch die Bedingungsgleichungen hinzugefügt werden, welche die Abbildung der conjugirten Flächen aufeinander kennzeichnen.

Wendet man diese Betrachtungen auf den speciellen Fall an, bezeichnet man die beiden conjugirten Ebenen mit (1), (2) und die Charakteristik des durch diese Ebenen begrenzten Diopters mit T_{12} und nennt man γ das constante Verhältniss zwischen zwei in den Ebenen (1) und (2) einander entsprechenden Strecken, so ist bei passender Wahl von rechtwinkligen Coordinatensystemen in den beiden Ebenen die Wirkung des Diopters vollständig bestimmt durch:

(1) $$T_{12} = F(x_1, y_1);$$

(2) $$\begin{cases} x_2 = \gamma\, x_1; \\ y_2 = \gamma\, y_1. \end{cases}$$

Da die Function F völlig unbestimmt bleibt, so ist die Zahl der Diopter, welche die verlangte Eigenschaft haben, eine unendlich grosse.

Wählt man als Grenzflächen des Diopters zwei neue bezüglich zu (1) und (2) parallele und mit diesen in demselben homogenen isotropen Medium gelegene Ebenen (0) und (3), so werden zunächst die Charakteristiken der hinzutretenden Stücke bei leicht verständlichen Bezeichnungen:

$$T_{01} = n_{01}\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + e_{10}^2},$$
$$T_{23} = n_{23}\sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2 + e_{32}^2};$$

und demnach durch Addition

(3) $$T_{03} = F(x_1, y_1) + n_{01}\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + e_{10}^2} + n_{23}\sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2 + e_{32}^2}.$$

In diesem letzteren Ausdrucke sind noch die Coordinaten x_1, y_1, x_2, y_2 durch x_0, y_0, x_1, y_1 zu ersetzen. Zunächst kann man x_2 und y_2 durch die Gleichungen (2) eliminiren, sodann aber den Grundsatz anwenden, dass das Licht stets auf einem solchen Wege von einem Punkte zu einem anderen gelangt, dass eine kleine Aenderung dieses Weges keine Aenderung der Zeitdauer bedingen würde. Es muss also T_{03} bei einer kleinen Verschiebung des Punktes $(x_1 y_1)$ ungeändert bleiben und man erhält

$$(4)\quad \begin{cases} o = \dfrac{\partial F}{\partial x_1} + n_{01}\dfrac{x_1 - x_0}{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0) + e_{10}^2}} - \gamma\, n_{23}\dfrac{x_3 - x_2}{\sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2 + e_{32}^2}}; \\ o = \dfrac{\partial F}{\partial y_1} + n_{01}\dfrac{y_1 - y_0}{\sqrt{(x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 + e_{10}^2}} - \gamma\, n_{23}\dfrac{y_3 - y_2}{\sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2 + e_{32}^2}}. \end{cases}$$

Der Ausdruck (3), in welchem die Grössen x_1, y_1, x_2, y_2 durch die Gleichungen (2) und (4) eliminirt sind, entspricht der allgemeinsten Form der Charakteristik des speciellen Diopters bezogen auf zwei den conjugirten parallele Ebenen.

Die hingeschriebenen Gleichungen erlauben nun auch leicht, die allgemeinsten Eigenschaften des betrachteten Diopters abzuleiten. Die Gleichungen (4) sagen aus, dass zwischen den Cosinus der Winkel, welchen die in einem Punkte der einen conjugirten Ebene mit einer in dieser Ebene liegenden Richtung bilden und den entsprechenden Cosinus des austretenden Strahlenbüschels eine lineare Beziehung besteht. Die specielle Wahl von F bestimmt beispielsweise das austretende Strahlenbüschel, welches einem parallelstrahlig in das Diopter eintretenden entspricht; ist dies Strahlenbüschel gegeben, so lässt sich leicht zu jedem eintretenden Strahle der austretende construiren.

Aehnliche Sätze über den Strahlengang durch ein vollkommenes Diopter, die aber doch noch nicht ganz ausreichend sind, um den Strahlengang vollständig zu bestimmen, sind schon früher veröffentlicht worden. Ein von Clausius [1]) herrührender Satz ergibt sich durch Differentiation der Gleichungen (4) bei constant bleibenden x_1, y_1, x_2, y_2; das noch speciellere von Abbe [2]) und v. Helmholtz [3]) aufgestellte sogenannte Sinusgesetz gilt nur, falls $\partial F/\partial x_1$ und $\partial F/\partial y_1$ gleich Null gesetzt werden können, d. h. falls einem senkrecht einfallenden ein senkrecht austretender Strahl entspricht.

2. Ueber die Construction von Dioptern mit gegebenen Eigenschaften.

Die Eigenschaften eines Diopters werden durch seine Charakteristik bestimmt; man kann daher von vornherein die Forderung stellen: diejenige Reihe von durchsichtigen Medien anzugeben, deren Gesammtheit eine gegebene Charakteristik zukommt.

---

1) R. Clausius, Pogg. Ann. **121.** p. 1. 1864.
2) E. Abbe, Archiv für mikroskopische Anatomie. 1874.
3) H. v. Helmholtz, Pogg. Ann. Jubelband. p. 566. 1874.

Ob diese Forderung sich allgemein erfüllen lässt, ist streitig; der Vortragende glaubt es, aber ohne einen strikten Beweis dafür zu haben; andererseits hat Hr. ABBE die Behauptung aufgestellt[1]), dass die Construction vollkommener Diopter im Sinne des vorangehenden Vortrages unmöglich sei, während sich doch die Charakteristik solcher Diopter angeben lässt. Die früher veröffentlichte Angabe, Hr. ABBE habe einen angeblichen Beweis dieser Behauptung gegeben, beruhte dagegen auf einem Irrthum des Vortragenden.

Jedenfalls muss zur Entscheidung der Frage die Natur der Medien, aus denen das Diopter zu bilden ist, weiter beschränkt werden. Lässt man Medien zu, in denen die Lichtgeschwindigkeit beliebig von der Richtung abhängt, so lässt sich ohne weiteres ein Medium, und zwar ein homogenes, angeben, welchem zwischen bestimmten Grenzen eine gegebene Charakteristik zukommt. Lässt man dagegen nur isotrope Medien zu, die aber continuirlich ineinander übergehen dürfen, so lässt sich die Aufgabe in folgende Fassung bringen:

Es ist eine Function der Variablen x, y, z, x_0, y_0 zu suchen, der Art, dass *erstens*

$$\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial z}\right)^2 = n^2$$

von x_0 und y_0 unabhängig ist;

zweitens, wenn z gleich einer gegebenen Function von x und y gesetzt wird, welche die Vorderfläche des Diopters bestimmt, T für $x = x_0$, $y = y_0$ verschwindet;

drittens, wenn z gleich einer anderen gegebenen Function von x und y gesetzt wird, welche die Hinterfläche des Diopters bestimmt, T gleich der als Function von x, y, x_0, y_0 gegebenen Charakteristik wird.

Ist diese Aufgabe gelöst, so sind die Brechungsexponenten der gesuchten Medien mit n proportional.

Der Vortragende glaubt, dass die Lösung der Aufgabe immer, und zwar bei Zulassung discontinuirlicher Lösungen auf unendlich verschiedene Art möglich sein muss.

Vereinfachungen ergeben sich, falls man sich auf Systeme beschränkt, welche eine Axe haben.

1) E. ABBE, Carl's Repertorium. **16.** p. 306.

Jahrg. 11. Nr. 3.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 11. März 1892.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **F. M. Stapff** sprach:

über die Zunahme der Dichte der Erde in ihrem Innern.

Hr. **L. Arons** machte dann Mittheilung von einem

Versuche über electrolytische Polarisation.

Theilt man eine mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte Zersetzungszelle, welcher der electrische Strom durch platinirte Electroden zugeführt wird, durch eine Querwand aus edlem Metall (Platin, Gold, Silber) in zwei Hälften, so dass sämmtliche Stromlinien das Metall durchsetzen müssen, so wird im allgemeinen eine Schwächung des Stromes eintreten: Es wird nämlich auf derjenigen Seite der Wand, welche der Anode gegenüberliegt, Wasserstoffpolarisation, auf der anderen Sauerstoffpolarisation auftreten. Der eigentliche Widerstand der Zelle wird nicht merklich geändert sein, wenn die Dicke der Metallwand sehr klein gegen die Länge der Flüssigkeitszelle ist. Es drängt sich die Frage auf, ob man die Metallwand so dünn machen kann, dass sich die electrischen Polarisationen auf beiden Seiten der Wand in ihrer Wirkung aufheben. Es ist mir in der That gelungen, diese Erscheinung zu beobachten.

Die Zersetzungszelle (22 cm lang, 5 cm breit, 8 cm hoch) war etwa in der Mitte durch eine Glasplatte in zwei Hälften getheilt; in die Glasplatte war ein Loch von 1,5 cm Durchmesser gebohrt; die Glasplatte konnte leicht entfernt und durch genau gleiche ersetzt werden, bei welchen die Bohrung mit verschiedenen Metallplatten bedeckt war. Die Zersetzungszelle bildete zunächst einen einfachen Stromkreis mit einem Galvanometer und einer Batterie von 2 oder 5 Accumulatoren.

Setzte man an Stelle der Platte mit freier Oeffnung eine solche, deren Oeffnung durch ein aufgekittetes Platinblech von 0,1 mm Dicke bedeckt war, so ging der Galvanometerausschlag bedeutend herunter, an beiden Seiten fand eine starke Gasentwicklung statt. Die Oeffnung einer zweiten Glasplatte war mit echtem Blattgold bedeckt, welches mit Canadabalsam an der Platte befestigt war. Wurde diese Platte statt derjenigen mit freier Oeffnung eingesetzt, so blieb der Galvanometerausschlag unverändert, keine Spur von Gasentwicklung wurde sichtbar. Das Ergebniss blieb das gleiche, wenn statt des Blattgold Blattsilber die Oeffnung der Glasplatte bedeckte. Mann könnte zunächst vermuthen, dass der Strom die dünne Metallschicht gar nicht durchsetze, sondern kleine Löcher im Blattmetall als Bahn benutze. Nun waren aber im durchfallenden Licht derartige Löcher in den benutzten Schichten nicht zu bemerken; sie konnten also, wenn vorhanden, nur mikroskopisch sein und die Summe ihrer Querschnitte musste gegen die Oberfläche des Metalls verschwinden. Aber selbst beträchtlich grosse Oeffnungen könnten das vollständige Ausbleiben der Polarisation an diesen dünnen Platten nicht erklären; zum Beweise bohrte ich in die oben erwähnte Platinplatte ein Loch von ca. 3 mm Durchmesser, so dass der Strom zum Theil durch dieses Loch fliessen konnte. Auch bei Einführung dieser durchbohrten Platte zeigte sich noch eine sehr erhebliche Stromabnahme und gleichzeitig ein starke Gasentwicklung auf beiden Seiten. Ich habe die Beobachtungen durch einen Practicanten des hiesigen Instituts, Hrn. John Daniel, in der Weise fortsetzen lassen, dass nach Einführung der verschiedenen Metallwände durch Ausschalten von Zusatzwiderständen im äusseren Stromkreis der Galvanometerausschlag, falls eine Aenderung eingetreten war, auf die ursprüngliche Grösse gebracht wurde. Unter diesen Umständen (bei gleicher Stromdichte, bleibt die Polarisation an den Endelectroden ungeändert und der ausgeschaltete Widerstand ist der Gesammtpolarisation an der Metallwand proportional.[1])

Zur Untersuchung kam ausser den oben erwähnten Platten

1) Selbstverständlich mit Ausnahme der durchbohrten Platinplatte, bei deren Benutzung in der Zelle eine Stromverzweigung eintrat.



noch eine solche, deren Oeffnung mit vier übereinander gelegten Goldblättchen bedeckt war. Die vier Goldblättchen gaben anscheinend eine ganz homogene Platte. Es mussten ausgeschaltet werden bei Benutzung der

durchbohrten Platinplatte	5 S. E.
Platinplatte	19 S. E.
Blattsilber einfach	0 S. E.
Blattgold einfach	0 S. E.
Blattgold vierfach	0,25 S. E.

Es wird von Interesse sein, die Abhängigkeit der Stärke der Polarisation von der Dicke und der Natur der Metallwand zu untersuchen. Hr. Daniel beabsichtigt diese Untersuchungen im hiesigen Laboratorium auszuführen.

Hr. **H. Rubens** berichtet darauf über seine Versuche betreffend

die Dispersion ultrarother Strahlen von sehr grosser Wellenlänge im Fluorit, Steinsalz und Sylvin.

Sitzung vom 25. März 1892.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **Mewes** (als Gast anwesend) sprach über

Emission und Absorption.

Hr. **Th. Gross** macht eine vorläufige Mittheilung

über die chemische Zerlegbarkeit des Schwefels durch Electrolyse.

Ich erhitzte in einem Silbertiegel eine Mischung aus 1 Theil Bariumsulfat und 6 Theilen Kaliumnitrat zur Rothgluth und leitete dann durch sie den Strom von 30 zu 6 verbundenen Leclanché-Elementen oder von 6 Bunsen, indem der Tiegel die Anode, ein 0,3 oder 0,9 mm starker Platindraht die Kathode bildete. Dieser erglühte, während seine übrigen Theile dunkel blieben, da, wo er in die schmelzende Masse tauchte, weit lebhafter als die letztere und schmolz allmählich

ab, sodass, um die Leitung zu unterhalten, stets neue Theile von ihm eingetaucht werden mussten. Während beständig Rothgluth unterhalten blieb, wurde die Schmelze allmählich fest, konnte aber durch wiederholten Zusatz von Kaliumnitrat verflüssigt werden, wozu im Ganzen noch 16 Theile verbraucht wurden.

Nachdem in einigen Stunden 3 Gewichtstheile der Kathode abgeschmolzen waren, wurde der Strom geöffnet und die nach dem Erkalten schwarze Schmelze in einen Ueberschuss verdünnter Salzsäure eingetragen, worin sie sich zum Theil löste. Das Gelöste wurde abfiltrirt, und das Ungelöste mit Königswasser ausgekocht, wobei ein braunes Pulver ungelöst blieb, das zuerst mit Wasser, dann zur Entfernung von Chlorsilber mit Ammon und nochmals mit Wasser ausgewaschen wurde. Die ammoniakalische Flüssigkeit war frei von Schwefelsäure. Die sauren und neutralen wie vorstehend angegeben erhaltenen Lösungen (I) wurden ohne Verlust mit Bariumchlorid in grossem Ueberschusse versetzt, wodurch allmählich ein in verdünnten Säuren unlöslicher Niederschlag (I_1) entstand. Vollkommen ausgewaschen getrocknet und wie üblich geglüht hatte er eine bräunlichgelbe Färbung, die durch Auskochen mit Königswasser nicht verschwand. Sein Gewicht betrug bei Verwendung von 0,53 g Bariumsulfat 0,15 g.

Aus dem in Königswasser unlöslichen, Barium haltigen Theile (II) der Schmelze konnte durch Reduction mit Zink und Salzsäure, wobei sich kein Schwefelwasserstoff entwickelte, Platin abgeschieden werden. Durch Schmelzen mit Alkalien und Behandeln der Schmelze mit Salzsäure war er, soweit er nicht aus Platin bestand, in Lösung zu bringen. In ihr bewirkte ein Ueberschuss von Bariumchlorid einen wie (I_1) beschaffenen Niederschlag (II_1), der, ausgewaschen, getrocknet und geglüht, bei dem angeführten Versuche 0,07 g wog.

Ausserdem konnte aus der Auflösung der aufgeschlossenen Masse (II) durch Schwefelwasserstoff ein brauner Niederschlag (II_2) gefällt werden, der sich in heissem Schwefelammon nicht merklich löste und von den Körpern, die zu derselben Gruppe gehören, zu trennen war. An der Luft stark geglüht stellte er ein grauschwarzes, nicht glänzendes, ungeschmolzenes Pulver (II_2*) dar, das sich durch starkes Glühen im Wasserstoffstrome nicht änderte. Mit Salpetersäure, Königswasser und Fluss-

säure gekocht löste es sich nicht merklich. Bei Verwendung von grösseren Mengen Bariumsulfat erhielt ich von dieser Substanz etwa 30 Proc. des in dem Sulfate enthaltenen Schwefels.

Nimmt man nun, um das Maximum des Schwefels zu bestimmen, der nach der Electrolyse noch vorhanden war, an, dass (I_1) und (II_1) aus reinem Bariumsulfat bestanden, so waren bei dem angeführten Versuche von den ursprünglich verwendeten 0,53 g Bariumsulfat nach der Electrolyse noch 0,22 g übrig; es waren also mehr als 50 Proc. des darin enthaltenen Schwefels verschwunden. Dafür war der eigenthümliche Körper (II_2*) erhalten.

Zur Erklärung der vorstehend angegebenen Thatsachen nehme ich an, dass der Schwefel eine Wasserstoffverbindung ist, und dass durch die Electrolyse Wasserstoff aus ihm ausgeschieden und dafür Platin in ihn eingeführt wird, indem aus dem Reste des Schwefelmolecüls, Platin und auch Barium eigenthümliche Verbindungen entstehen.

Bereits angestellte weitere Beobachtungen, deren Mittheilung ich mir vorbehalte, bestätigen nach meiner Meinung diese Auffassung.

Hr. **E. Budde** sprach dann

Ueber Herstellung todter Räume durch blosse Verdunstung, und über die angebliche Capillaritätsspannung von Emulsionsoberflächen.

Bei der Reaction von Soda auf Chloralhydrat zeigt sich, während in der Flüssigkeit im allgemeinen Chloroformnebel gebildet wird, da, wo sie an Luft grenzt, unter der Oberfläche derselben eine klare Schicht, die von O. Liebreich [1]) als „todter Raum“ bezeichnet wurde. Ich habe nachgewiesen [2]), dass diese Schicht durch die einfache Annahme zu erklären ist: In der Nähe der freien Oberfläche verdunstet das durch die Reaction gebildete Chloroform, daher bleibt die Flüssigkeit klar bis zu derjenigen Grenze, wo die Fortschaffung des Chloroforms durch Diffusion und Verdunstung der Neubildung

1) O. Liebreich, Berl. Sitzungsber. 1889. p. 169—197; Zeitschr. für physikalische Chemie. 5. p. 529—558. 1890.

2) E. Budde, Zeitschr. für physik. Chemie. 7. p. 586—600. 1891.

das Gleichgewicht hält. Zur Stütze dieser Auffassung war es wünschenswerth, deutliche todte Räume durch Verdunstung ohne Zuhülfenahme eines chemischen Processes herzustellen, und das ist mittelst folgender Ueberlegungen gelungen: Soll eine Emulsion über sich einen deutlichen todten Raum zeigen, so muss sie eine scharfe obere Grenze haben. Eine solche ist nur durch Verdunstung zu erzielen, dabei muss aber jede Operation vermieden werden, durch welche Tröpfchen der emulsionirten Flüssigkeit an die Oberfläche des Wassers gelangen, denn sie setzen sich dort fest und verhindern, dass unmittelbar unter der Oberfläche eine regelmässige Verdunstung stattfindet. Man darf also die Emulsion nicht durch Schütteln herstellen, sondern muss sie im Innern des Wassers entstehen lassen. Hierzu gelangt man, wenn man die Eigenschaft des Chloroforms, des Schwefelkohlenstoffs und verwandter Körper benutzt, in kaltem Wasser stärker löslich zu sein als in warmem. Ich schüttle beispielsweise Chloroform bei 0° C. mit Wasser, bis es sich in sehr feinen Tröpfchen durch dasselbe vertheilt hat. Dann filtrire ich diese „grobe Emulsion“ durch gewöhnliches Filtrirpapier; sie geht klar durch, und wenn man während der Operation in das Gefäss, welches die Lösung aufnimmt, einen mit Chloroformdampf gesättigten Luftstrom leitet, so erhält man eine bei 0° nahe gesättigte klare Lösung von Chloroform in Wasser. Diese lässt sich viele Stunden lang aufbewahren, wenn man in den Hals der Flasche einen mit Chloroform mässig getränkten Wattepfropf schiebt und über diesen einen gut schliessenden Stöpsel setzt.

Stellt man ein Probirglas mit dieser Lösung in Wasser von etwa 18° bis 25°, so scheidet sich flüssiges Chloroform als sehr feine Emulsion aus und man sieht unmittelbar unter der Wasseroberfläche einen todten Raum, der an Schärfe und Schönheit dem der Chloral-Soda-Reaction ganz gleich kommt. Saugt man mit einem Capillarröhrchen aus diesem todten Raume einen Theil der Flüssigkeit ab und lässt das Abgesogene bei 18° stehen, so bildet es keinen neuen todten Raum, zum Beweise, dass das überschüssige Chloroform aus ihm wirklich entfernt ist. Rührt man den primären todten Raum leise und auf geringe Tiefe um, so vergrössert er sich, weil das in seiner oberen Schicht enthaltene ungesättigte Wasser weiteres Chloroform auflöst.

Ebenso wie Chloroform verhält sich Schwefelkohlenstoff, nur darf man bei diesem nicht auf Temperaturen über etwa 20° gehen, weil er sonst verdunstet, ehe die Nebelbildung eintritt; die Lösung muss demgemäss mit einiger Sorgfalt gesättigt werden.

Der todte Raum der Chloral-Soda-Reaction zeigt nun eigenthümliche Gestalten (siehe Hrn. Liebreich's Zeichnungen l. c.), welche bei Liebreich durchweg die Eigenschaft aufweisen, dass die Unterfläche des todten Raumes, also die Oberfläche der Emulsion, mit der Wand des Gefässes einen nahe constanten Winkel macht. Ich habe früher diese Randwinkel für durchaus constant gehalten und daraus den Schluss gezogen, dass sich in ihnen eine besondere Capillarspannung der Emulsionsoberfläche kund gebe. Beim Studium der Erscheinungen, welche die nach obiger Methode hergestellten Emulsionen darbieten, zeigte sich nun, dass die Form der todten Räume ganz deutlich und in erster Linie von Temperaturverhältnissen abhing. Ihre Unterfläche ist nach oben convex, wenn die Flüssigkeit, in der sie entstehen, Wärme nach aussen abgibt, concav dagegen, wenn Wärme von aussen in sie hineinströmt. Hierdurch aufmerksam gemacht, untersuchte ich die Form der todten Räume bei der Chloral-Soda-Reaction unter verschiedenen Temperaturbedingungen und fand in der That, dass auch diese nicht constant sind, dass vielmehr auch ihre Gestalt durch Temperatureinflüsse bedingt wird. Giesst man die Reactionsflüssigkeiten, Chloral- und Sodalösung, einfach bei Zimmertemperatur zusammen, so ist das Gemisch, weil die Reaction exotherm vor sich geht, dauernd wärmer als seine Umgebung und zeigt die soeben besprochenen stumpfen Randwinkel. Bringt man aber das bei 15° zusammengegossene Gemisch im Probirröhrchen in ein Wasserbad von wenig höherer Temperatur, etwa 18°, so ist es, wenn die ersten Chloroformtröpfchen erscheinen, noch kühler als seine Umgebung; dann zeigt es nicht stumpfe, sondern spitze Randwinkel. Nach einiger Zeit wird indessen die Oberfläche der Emulsion flach, und etwa eine halbe Minute später ist sie merklich nach oben gewölbt, der Randwinkel wird stumpf. Taucht man in diesem Augenblick ein Thermometer in die Emulsion, so findet man, dass es einige Zehntel höher als 18° steht; unter dem vereinten Einfluss der Wärmezuleitung

und der inneren Wärmebildung hat sich also die Temperatur der Emulsion über diejenige des Wasserbades gehoben, und von dem Augenblicke an, wo dies geschehen ist, erscheint auch der stumpfe Randwinkel wieder. Taucht man dagegen das bei 15° zusammengegossene Reactionsgemisch in ein Bad, welches bedeutend wärmer, etwa auf 25°, gehalten wird, so erreicht die Emulsion in längerer Zeit nicht die Temperatur des umgebenden Bades und der Randwinkel bleibt spitz.

Hieraus und aus verwandten Ergebnissen an todten Räumen in Gefässen von verwickelterer Form schliesse ich, dass meine frühere Annahme, die Gestalt des todten Raumes sei wesentlich durch Capillarspannung der Emulsion bedingt, nicht richtig ist; das, was man an todten Räumen, die ohne besondere Vorsichtsmaassregeln hergestellt sind, von eigenthümlichen Formen beobachtet, ist sicherlich weit weniger durch Capillarität als durch v. Bezold'sche Temperaturströmungen verursacht. Dass die Emulsionsoberflächen eine besondere Oberflächenspannung besitzen, bleibt theoretisch möglich; dieselbe wird sich aber nur unter sorgfältigstem Ausschluss aller Temperaturstörungen wahrnehmen lassen.

Man kann nun aus einer Chloroformlösung das Chloroform auch in der Kälte austreiben, indem man ihr Chlorcalciumlösung zusetzt. Auch dann zeigt sich ein todter Raum in der Nähe ihrer Oberfläche, der sich übrigens sehr langsam bildet, entsprechend dem Umstande, dass das Chloroform sich in der Chlorcalciumlösung sehr wenig löst, also auch sehr langsam durch dieselbe nach oben diffundirt. Hier sind gröbere Wärmewirkungen ausgeschlossen, indessen die Masse erweist sich, ganz den Beobachtungen von v. Bezold gemäss, so empfindlich gegen die kleinsten Temperaturunterschiede, dass meine Mittel bisher nicht ausgereicht haben, um festzustellen, welche Formen sie annimmt, wenn alle Temperaturwirkung eliminirt ist. Die Frage, ob sich eine Oberflächenspannung der Emulsionen experimentell wahrnehmen lässt, muss ich also einstweilen unentschieden lassen.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 11. Nr. 4.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 8. April 1892.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **O. Lummer** sprach über:

1. ein neues Spectralphotometer, nach gemeinsam mit Hrn. **E. Brodhun** ausgeführten Versuchen. Mit Demonstrationen.
2. Einiges zur Abbildung nicht selbstleuchten-Objecte.

Im ersten Vortrag wurde das im Februarheft der Zeitschr. f. Instr.-Kde. 1892 von Lummer und Brodhun beschriebene Spectralphotometer kurz skizzirt und dessen Wirkungsweise im Vergleich zu anderen Spectralphotometern besprochen. Den Schwerpunkt legte der Redner auf die Aufstellung der Bedingungen für das Verschwinden der Grenze zwischen zwei im spectralen Lichte gesehenen Feldern und er zeigte, dass und auf welche Weise bei dem vorgeführten Apparat diese Bedingungen erfüllt worden sind. Demgemäss ist die Empfindlichkeit die gleichgrosse, wie sie mit den Lummer-Brodhun'schen Photometer zur Messung der Gesammtstrahlung zweier Lichtquellen erreicht wird. Ein grosser Vorzug des neuen Spectralphotometers besteht in der Möglichkeit, das „Contrastprincip“ als photometrisches Kriterium anwenden zu können, wodurch der mittlere Fehler einer Einstellung auf unter $^1/_5$ Proc. herabgeht.

Die zweite Mittheilung knüpft an den Umstand an, dass die im Spectralphotometer gesehenen Photometerfelder ihr Licht erst durch den Collimatorspalt erhalten und somit als *nicht selbstleuchtende* Objecte besonderen Regeln der Abbildung unterliegen. Besonders angestellte Versuche über die Abbildung eines zwischen die Objective eines Spectrometers gebrachten Spaltes haben neue Erscheinungen gezeigt, wenn man das beobachtende Auge direct an den Ocularspalt bringt, wie es bei dem Farbenmischapparat von v. Helmholtz, beim

Spectralphotometer von A. König und vor allem bei dem zuerst beschriebenen Apparat der Fall ist. Sowohl, wenn der Collimatorspalt, wie der Ocularspalt eine zu kleine Dimension hat, erblickt man den zwischen den Objectiven befindlichen Spalt nicht mehr deutlich, sondern ausgezogen zu einem Beugungsspectrum. Dasselbe verändert sich mit der Stellung des Fernrohres und der Weite des Ocularspaltes. Vom Spalt entsteht ein Fraunhofer'sches Beugungsspectrum in der Ocularspaltebene. Je nachdem mehr oder weniger von diesem Spectrum durch den Ocularspalt ins Auge gelangt, um so mehr oder weniger ähnelt das gesehne Bild des Spaltes letzterem selbst. Die in dieser Beziehung angestellten mannigfachen Versuche dienten zum Ausgangspunkt, die Abbe'sche Theorie der Abbildung *nicht selbstleuchtender* Objecte am Mikroskope kurz darzulegen. Zum Schluss wurde darauf hingewiesen, dass eigentlich auch die Abbildung des *Collimator*spaltes beim *Spectrometer* hierher gehört. Wird der Collimatorspalt durch die Sonne beleuchtet, so entsteht vom Spalt in der halben Brennweite des Beobachtungsfernrohres ein reelles Beugungsspectrum und aus der Interferenz dieses Spectrums das mit dem Ocular vergrössert gesehene Abbild des Collimatorspaltes. Nach der Analogie der Mikroskopabbildung kann das Spaltbild nur dann dem Collimatorspalt ähnlich sein, wenn das gesammte Spectrum desselben in das Fernrohr dringt. Letzteres hängt von der Enge des Collimatorspaltes und der Oeffnung der Collimatoren ab. Je enger der Spalt, um so weniger gelangt vom Beugungsspectrum in das Fernrohr, um so undeutlicher müsste also das Spaltbild sein. Inzwischen angestellte Versuche ergaben statt des Spaltbildes deren zwei bez. drei etc. Spaltbilder, welche sich theilweise decken, d. h. deren Ränder über einander übergreifen, wenn man von dem Beugungsspectrum die ersten, dritten, fünften etc. Maxima bez. die ersten und zweiten, vierten und fünften etc. Maxima des Spaltspectrums rechts und links abblendete. Bei sehr engem Spalt wurde das Abbild immer undeutlicher und unschärfer. Die Berechnung dieser Versuche nach Abbe'schem Vorbild und eingehendere Versuche in der angedeuteten Richtung stellt der Vortragende in Aussicht.

Sitzung vom 6. Mai 1892.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Der vom bisherigen ersten Rechnungsführer verlesene Cassenbericht über das abgelaufene Geschäftsjahr wird durch Ertheilung der Entlastung anerkannt. Die darauf stattfindende Neuwahl des Vorstandes ergibt folgendes Resultat:

Vorsitzende:	Schriftführer:	Rechnungsführer:
1. H. v. Helmholtz.	1. B. Schwalbe.	1. M. Planck.
2. A. Kundt.	2. A. König.	2. W. Brix.
3. W. v. Bezold.	3. R. Assmann.	3. E. Lampe.

Bibliothekare.
1. A. Raps.
2. H. Rubens.

Der Voranschlag für Einnahmen und Ausgaben im Geschäftsjahr 1892/93 wird genehmigt.

Hr. **Th. Gross** spricht

über den Satz von der Entropie.

Die Darstellung, die Clausius von dem Carnot-Clausius'schen Satze gibt [1]), zerfällt bekanntlich in zwei Theile.

In dem ersten gelangt er von dem Carnot'schen Kreisprozesse ausgehend für alle umkehrbaren Kreisprocesse zu der Entropiegleichung $\int (dQ)/(\vartheta) = o$, worin dQ jedes positive oder negative von dem veränderlichen Körper aufgenommene Wärmeelement, und ϑ dessen absolute Temperatur bezeichnet.

In dem zweiten, dessen Inhalt wir des Folgenden wegen genauer angeben, führt er zunächst den Aequivalenzwerth der Verwandlung einer endlichen Wärmemenge Q ein und bestimmt als dessen mathematischen Ausdruck für die Verwandlung von Arbeit in Wärme von der Temperatur ϑ die Grösse Q/ϑ und für den Uebergang von der höheren Temperatur ϑ_1 zu der niedrigeren ϑ_2 die Grösse $Q(1/\vartheta_2 - 1/\vartheta_1)$ [2]),

1) Clausius, Mech. W. Th. 1. 1876.

2) Im Original steht zunächst statt der absoluten Temperatur eine Function von ihr, die später als die absolute Temperatur selbst bestimmt wird.

während er die entgegensetzten Verwandlungen negativ ansetzt. Für die algebraische Summe aller Verwandlungen in irgend einem Kreisprocesse stellt er dann den Ausdruck $N = -\sum Q / \vartheta$ und bei Wärmequellen von veränderlicher Temperatur, wie sie in der Natur anzunehmen sind, den Ausdruck $N = -\int (dQ) / (\vartheta)$ auf.

Um nun zu beweisen, dass in einem umkehrbaren Kreisprocesse $N = o$ ist, verfährt er in folgender Weise. Er theilt alle darin vorkommenden Verwandlungen in zwei Theile, von denen der eine die algebraische Summe Null haben, und der andere aus Gliedern von gleichem Vorzeichen bestehen soll. Die Verwandlungen des ersten Theiles zerlegt er in Paare von den Formen:

$$-\frac{Q}{\vartheta} + Q_1\left(\frac{1}{\vartheta_2} - \frac{1}{\vartheta_1}\right) = o, \quad \frac{Q}{\vartheta} - \frac{Q'}{\vartheta'} = o,$$

$$Q_1\left(\frac{1}{\vartheta_2} - \frac{1}{\vartheta_1}\right) + Q'_1\left(\frac{1}{\vartheta'_1} - \frac{1}{\vartheta'_2}\right) = o,$$

von denen jedes durch Kreisprocesse rückgängig zu machen sein soll. Dieses vorausgesetzt, schliesst er dann auf Grund seines Satzes über die Compensation der Wärmeübergänge, dass der zweite Theil Null ist, woraus sich $\int (dQ) / (\vartheta) = o$ ergeben würde.

Hiergegen ist Folgendes einzuwenden. Clausius will beweisen, dass für umkehrbare Kreisprocesse $\int (dQ) / (\vartheta) = o$, d. h. dass für sie die Verwandlungswerthe, die er auf die allgemeine Form dQ / ϑ zurückführt, vollständige Differentiale sind. Werden daher in die vorstehenden Gleichungen, zwischen den Verwandlungswerthen, auf die er seinen Beweis zu gründen sucht, statt der endlichen Grössen Q, Q_1 etc. dQ, dQ_1 etc. eingesetzt, so darf dadurch nicht zugleich die Vollständigkeit der Differentiale dQ / ϑ, $dQ_1 (1 / \vartheta_2 - 1 / \vartheta_1)$ etc. als nothwendig vorausgesetzt werden, sondern es müsste zunächst möglich sein, dass sie vom Wege abhängen. Denn sonst entstände ein logischer Cirkel, indem man schliessen würde: Da die Verwandlungswerthe vollständige Differentiale sind, so gelten jene Gleichungen, und da jene Gleichungen gelten, so sind die Verwandlungswerthe vollständige Differentiale. Nun können Gleichungen zwischen unvollständigen

Differentialen nur in dem Sinne gelten, dass die eine Seite nichts als eine formale Definition der anderen ist, wogegen hier Wärme und Arbeitsgrössen verglichen werden sollen. Clausius fasst überdies die obigen Differentiale in zwei Gruppen zusammen und nimmt von der ersten an, dass sie die algebraische Summe Null hat und von der zweiten, dass sie eine positive oder negative Grösse ist; beides hat offenbar auch nur einen Sinn, wenn jene Differentiale nicht unvollständig sind. Denn eine Anzahl unvollständiger Differentiale ist keine Grösse; man kann sie daher zwar mit dem positiven oder negativen Vorzeichen versehen, kann aber nicht behaupten, dass sie Null oder eine positive oder negative Grösse ist. Ferner könnte man einen oder mehrere Kreisprocesse bilden, worin die Verwandlungswerthe aus den Paaren der ersten Gruppe bestehen. Ihre Summe ist dann Null und folglich sind die zu ihr gehörigen Differentiale vom Wege unabhängig, d. h. vollständig, und dasselbe gilt daher auch von den ihnen formell gleichen Differentialen der zweiten Gruppe. Also müssen die obigen Differentiale nothwendig sofort vollständig angenommen werden, und der vorliegende vermeintliche Beweis der Entropiegleichung ist in Wahrheit ein Cirkelschluss.

Später wendet Clausius den Begriff der Verwandlungswerthe auch auf die nichtumkehrbaren Vorgänge an. Die Summe aller Verwandlungen in einem nichtumkehrbaren Kreisprocesse theilt er wiederum in zwei Theile, von denen der eine Null, der andere nicht negativ sein soll, so dass für beliebige Kreisprocesse $\int (d\,Q) / (\vartheta) \leqq o$ sein würde.

Diese allgemeinen Bestimmungen können schon deswegen nicht befriedigen, weil nach ihnen für die nichtumkehrbaren Kreisprocesse das mehrerwähnte Integral Null oder negativ, d. h. integrirbar oder nicht integrirbar ist, und erst durch die specielle Betrachtung einzelner Vorgänge die letztere Bestimmung als geltend festgesetzt wird; sodass Clausius hiernach die allgemeine Möglichkeit eines nicht umkehrbaren Kreisprocesses, für den jenes Integral Null ist, nicht bestreiten könnte. Auch sind seine Schlüsse hier ebensowenig wie bei den umkehrbaren Vorgängen zulässig. Um das zu beweisen, brauche ich heute nicht die einzelnen nichtumkehrbaren Vorgänge, die er anführt, zu erörtern: seien sie, welche

sie wollen, jedenfalls nimmt er die Verwandlungswerthe in ihnen, wie in den umkehrbaren Vorgängen als vollständige Differentiale an. Denn soll eine Anzahl von Differentialen Null, eine andere eine positive Grösse sein, so können, wie schon oben hervorgehoben wurde, die Differentiale nicht unvollständig sein. Ebenso können auch hier analog wie dort die Paare von Differentialen, deren Summe Null ist, als zu Kreisprocessen gehörig betrachtet werden, woraus wiederum für sie und für die ihnen formell gleichen die Unabhängigkeit vom Wege folgt. Also steht die nichtintegrirbare Ungleichung von Clausius in entschiedenem Widerspruche zu den Voraussetzungen, aus denen sie vermeintlich abgeleitet ist.

Die Untersuchungen von Clausius über die Verwandlungswerthe kann ich demnach nicht als eine Bereicherung des ersten Theiles seiner Entwickelung des nach Carnot und ihm benannten Satzes ansehen, durch die er sich ein so grosses Verdienst um die mechanische Wärmetheorie erworben hat.

Auf einem anderen Wege sucht Hr. Zeuner die Clausius'sche Ungleichung abzuleiten.[1]) Derselbe betrachtet den besonderen Fall, dass der innere Druck p auf der Flächeneinheit des veränderlichen Körpers M grösser als der entsprechende äussere Druck p' ist. Ist ferner v das Volumen von M, U dessen innere Energie für den Gleichgewichtszustand, und wird ihm die Wärme dQ' zugeführt, so soll

$$dQ' = \frac{\partial U}{\partial p} dp + \frac{\partial U}{\partial v} dv + p' dv$$

sein. Wird von dieser die für umkehrbare Vorgänge geltende Gleichung

$$dQ = \frac{\partial U}{\partial p} dp + \frac{\partial U}{\partial v} dv + p\, dv$$

abgezogen, und die Differenz durch die zur Curve p gehörigen ϑ dividirt[2]), so folgt

$$\frac{dQ'}{\vartheta} = \frac{dQ}{\vartheta} - \frac{p-p'}{\vartheta} dv.$$

1) Zeuner, Techn. Thermodynamik. 1. p. 77 ff. 1887.

2) Im Original steht statt ϑ eine Grösse, die durch Analogieschlüsse als die absolute Temperatur zu bestimmen versucht wird.

Das erste Differential auf der rechten Seite dieser Gleichung ist nun unter allen Umständen vollständig, das zweite wird integrabel, wenn, was vorausgesetzt ist, die Curven für p und p' gegeben sind; also ist dann $\int(d\,Q' / \vartheta)$ zu integriren. Geht demnach der Körper M aus einem Zustande (a_1) in einen Zustand (b_1) über, und zwar das eine Mal umkehrbar auf einem Wege $(a_1\,c_1\,b_1)$ und das zweite Mal nicht umkehrbar und wird er dann aus (b_1) nach (a_1) umkehrbar auf einem Wege $(b_1\,d_1\,a_1)$ zurückgeführt, so soll für den gesammten Vorgang, da für ihn

$$\int\frac{d\,Q}{\vartheta} = o$$

ist,

$$\int\frac{d\,Q'}{\vartheta} = -\int\frac{p-p'}{\vartheta}\,d\,v = -N$$

werden, und somit die Ungleichung von Clausius bewiesen sein.

Man sieht nun aber sofort, dass diese Gleichung für N nicht mit derjenigen von Clausius übereinstimmt. In der letzteren ist jedes Wärmeelement durch seine absolute Temperatur dividirt, wogegen in der vorliegenden die $d\,Q'$ durch die absoluten Temperaturen der $d\,Q$ dividirt werden, die von den ihrigen verschieden sind. Ferner liegt der Gleichung für N, wie die Zusammenstellung der einzelnen Curvenstücke ergibt, die Voraussetzung zu Grunde, dass die einzelnen Integrale in ihr zwischen verschiedenen Grenzen genommen werden, nämlich $\int(d\,Q / \vartheta)$ für einen Kreisprocess $(a_1\,c_1\,b_1\,d_1\,a_1)$[1]) und $\int(d\,Q' / \vartheta)$ zwischen (a_1) und (b_1).

Ich kann somit auch in Hrn. Zeuner's Darstellung einen Beweis der Clausius'schen Ungleichung nicht finden. Auch ist zu bemerken, dass, wenn der innere Druck eines Körpers grösser ist als der äussere, die Grössen v, p', im allgemeinen für jedes seiner Massenelemente verschieden sein werden; es wäre also anzugeben, wie diese Grössen in den vorliegenden Gleichungen zu verstehen sind.

Hr. C. Neumann nimmt in seiner Ableitung der Clausius'schen Ungleichung[2]) die Wärmemengen, die dem veränderlichen Körper bei einer constanten Temperatur zugeführt

1) Vgl. a. a. O. p. 72. Fig. 16.

2) C. Neumann, Ber. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 1. 1891.

werden, zuerst als endlich an, setzt aber dann auch an ihre Stelle Differentiale, wodurch das, was oben gegen die Gleichungen zwischen unvollständigen Differentialen und deren Summation bemerkt wurde, auch gegen diese Ableitung in Kraft tritt. Das Gleiche gilt in Bezug auf andere Schriftsteller, die daher und mit Rücksicht auf den beschränkten Raum hier nicht erwähnt worden sind.

Nach Allem muss ich behaupten, dass die bisherigen Untersuchungen über die nicht umkehrbaren Vorgänge keinen allgemeinen Aufschluss geben.[1]) Die Ergänzung der vorstehenden kritischen Bemerkungen und die positive Erörterung der Probleme, worauf sie sich beziehen, behalte ich mir vor.

Hr. **E. Budde** bemerkt, dass er die ganze Darstellung des Vorredners nicht acceptiren kann, will aber nur auf einen Punkt derselben, nämlich auf die Behauptung, dass man im vorliegenden Falle nicht mit unvollständigen Differentialen rechnen dürfe, eingehen. Ist ein Wärmedifferential „integrabel" im mathematischen Sinne, so bedeutet das, dass sein Integral vom Wege unabhängig ist. Ist es aber „nicht integrabel", so bedeutet dies nur, dass der Werth seines Integrals sich erst herstellen lässt, wenn man den Weg der Integration kennt. Bei jedem in der Natur vorkommenden thermodynamischen Process ist nun selbstverständlich ein bestimmter Weg, auf dem er vor sich geht, vorhanden, wenn wir ihn auch nicht gerade immer anzugeben wissen. Bei jedem natürlichen Process der hier in Frage kommenden Art hat also auch das nicht integrable Wärmedifferential einen ganz bestimmten Sinn, auch sein Integralwerth für den concreten Process ist ein bestimmter, und es ist durchaus nicht einzusehen, weshalb man nicht mit nicht integrabelen Differentialen genau so wie mit integrabelen rechnen soll.

Hr. **Th. Gross** erwidert: Auf die bestimmt ausgesprochenen Einwendungen des Vorredners, die ich allein berücksichtigen kann, antworte ich Folgendes:

1. Gewiss kann ein nicht integrirbarer Ausdruck für einen concreten Vorgang einen ganz bestimmten Sinn erhalten, wenn

---

1) Vgl. Bertrand, Thermodynamique. p. 265 ff. 1887.

ein bekannter oder unbekannter Weg, d. h. Beziehungen zwischen den Veränderlichen angenommen werden. Diesen bestimmten Sinn hat aber nicht das unvollständige Differential, sondern es gewinnt ihn erst durch jene Beziehungen, weil es infolge ihrer nicht mehr unvollständig ist. Etwas Anderes besagen auch die Ausführungen des Vorredners nicht.

2. Wenn auch ein concreter Vorgang auf bestimmtem Wege erfolgt, so bleibt doch noch die Frage offen, ob gewisse mit ihm verbundene Aenderungen, z. B. die der Entropie, von seinem Wege unabhängig, und daher durch vollständige Differentiale von Functionen mehrerer unabhängig Veränderlicher darzustellen sind. In meinem Vortrage wird nun nach meiner Meinung bewiesen, dass die Betrachtungen über die Verwandlungswerthe, durch die Clausius diese Frage allgemeiner als durch seine Entwickelung des Carnot'schen Satzes zu beantworten sucht, zu einem logischen Cirkel und Widersprüchen mit sich selbst führen, und ich sehe nicht, in welchem Punkte mich der Vorredner widerlegt hat.

3. Wenn der Vorredner „mit nicht integrabelen Differentialen genau so wie mit integrabelen rechnen" will, so muss ich fragen, was er denn unter „rechnen" versteht. Ich verstehe darunter gewisse Operationen, die nur für Grössen definirt und bewiesen sind; nicht integrirbare Differentiale sind aber keine Grössen.

Sitzung vom 20. Mai 1892.

Vorsitzender: i. V. Hr. E. Lampe.

Hr. **F. Neesen** trägt vor

Ueber die Mitnahme von Losscheiben durch rasch umlaufende Axen.

Die Frage, ob es möglich ist, in einem Geschosse einen Körper derart anzuordnen, dass derselbe an der Drehung des Geschosses um dessen Längsaxe nicht theilnimmt, hat zu der Anstellung der im Folgenden wiedergegebenen Versuche geführt. Es zeigte sich, dass eine lose auf einer umlaufenden Axe sitzende Scheibe durch ein verhältnissmässig kleines

excentrisch angebrachtes Uebergewicht am Mitlaufen verhindert werden konnte. Um die Grösse des Uebergewichtes unter verschiedenen Verhältnissen zu bestimmen, wurden auf die Axe eines kleinen electromagnetischen Motors mit Grammering, wie solche jetzt vielfach namentlich für Ventilatoren gebraucht werden, verschiedene Messingscheiben aufgeschoben, deren Trägheitsmoment oder Massen voneinander abwichen. Zur Bestimmung des Einflusses des Axendurchmessers wird auf die Motoraxe ein Zapfen *z* aufgesetzt, der entweder fest gegen erstere geklemmt war oder lose auf ihr sass. Durch ein Loch in der Scheibe wurde ein Stahlstab gesteckt (1 mm Durchmesser) und auf diesen solange cylindrische Laufgewichte aufgereiht, bis die lose sitzende Scheibe (Losscheibe) von der umlaufenden Axe nicht mehr mitgenommen werden konnte. Die Entfernung des Stahlstäbchens vom Mittelpunkt der Axe betrug 5,5 cm; Produkt aus dem aufgelegten Gewicht in diese Zahl gibt daher das zur Verhütung des Mitlaufens nöthige Moment. In den folgenden Tabellen findet sich nicht dieses Moment, sondern nur das aufgeschobene Laufgewicht plus dem Gewichte des Stabes angegeben. Durch die Erschütterungen des Motors geriethen die kleinen Laufgewichte auf dem Stab in Rotation und flogen infolge desselben weg. Sie wurden daher mit etwas Wachs festgeklebt.

Zur Bestimmung der Umlaufszahl der Axe des Motors, welcher durch Accumulatoren oder Dynamomaschine angetrieben wurde und dessen Geschwindigkeit durch Vorschalten von Widerstand geändert werden konnte, befand sich mittels Kopfschraube festgeklemmt an der Axe ein dünner Kupferdraht. Derselbe strich bei jedem Umlauf an einer sich drehenden berussten Trommel vorbei. Aus dem Abstande der so erhaltenen kurzen Linienstücke wurde die Umlaufsgeschwindigkeit berechnet.

Die Motoraxe wurde meist mit gutem Knochenöl dünn bestrichen. Bestimmungen sind erst gemacht, nachdem das meiste Oel durch Centrifugalkraft fortgeschleudert war. Solange noch die erste aufgetragene Oelmenge vorhanden ist, fallen die aufzulegenden Gewichte immer bedeutend grösser aus, als nachher.

Als Maasseinheiten dienen stets g, cm, sec.



Folgende vier Scheiben sind verwendet worden:

	Masse	Trägheitsmoment	Durchmesser des Zapfens
a	425	3768	1
b	205	3768	1
c	425	1302	1
d	425	3768	2

a und *d* sind Vollscheiben mit aufgesetztem Ringe von verschiedener Grösse, um für beide Scheiben gleiche Masse und gleiches Trägheitsmoment zu erzielen.

b besteht aus einem äusseren Ringe, welcher durch vier Stäbe mit einem kleinen inneren verbunden ist.

c hat eine gedrungene hohlcylindrische Form, zwei Arme stehen von demselben radial ab zur Aufnahme des Stäbchens für die Laufgewichte, der Durchmesser der Höhlung ist 1,2 cm. Eine kleine Nabe befindet sich in letzterer, um die Auflagefläche auf die Axe zu geben. Bei allen vier Scheiben ist die Breite dieser Auflagefläche dieselbe.

Unter denselben Verhältnissen ergeben sich verschiedene Werthe der aufzulegenden Gewichte. Es rührt das her von dem verschiedenen Zustande der Oelung und etwaigen Unterschieden der Stelle an der Axe, auf welcher die Scheibe aufliegt. Die Verschiedenheiten sind, wie die folgenden Zahlen zeigen, aber nicht so gross, dass durch dieselben der Einfluss der verschiedenen Bedingungen verdeckt würde.

Bei den Versuchen wurde die Scheibe solange festgehalten, bis der Umlauf der Axe stationär geworden war; erst dann sind die aufzulegenden Gewichte bestimmt. Lässt man die Scheibe los, während die Axe ihren Umlauf allmählich annimmt, so muss im allgemeinen, um das Mitlaufen bei dieser plötzlichen Geschwindigkeitsänderung zu verhüten, mehr Uebergewicht gegeben werden, wie wenn der Zustand stationär ist. So z. B. in einem Falle mit Axe von 1 cm 7,8 g bei plötzlichem Angehenlassen mit Maximalgeschwindigkeit, anstatt von 7,3 g bei stationärem Zustand, in einem anderen Falle, wo ein lose sitzender Messingzapfen *z* benutzt wurde, 20 g an Stelle von 12 g.

In den folgenden Tabellen bedeutet *n* die Tourenzahl in 1 Sec., *p* das zur Verhütung des Mitlaufes anzuhängende Gewicht.

A. Versuche ohne Zapfen *z*.

Axendurchmesser 1 cm. Scheibe *a*.

1. Reihe

geölt mit altem Oel		geölt mit frischem Oel		trocken	
n	*p*	*n*	*p*	*n*	*p*
44	8,3	49	5,3	44	8,8
36	8,3	43	5,8	38	10,8
31	7,3	32	5,8	34	11,8
23	7,3	26	6,8	22	10,8
9	7,3	16	4,8	19	9,8
2,5	6,8	7	4,8	11	8,8
				8	8,3

2. Reihe						3. Reihe	
trocken		geölt		geölt		geölt	
n	*p*	*n*	*p*	*n*	*p*	*n*	*p*
51	7,3	48	6,3	54	7,3	51	7,3
44	9,8	36	8,3	42	7,8	40	6,3
34	9,3	31	6,3	29	4,3	31	5,3
24	8,3	17	4,8	22	4,8	19	5,3
		14	4,3				

Das Moment, welches sich hieraus berechnet, ist erheblich geringer, wie das Moment der gewöhnlichen Zapfenreibung. Dieses letztere würde, den Reibungscoefficient zu 0,17 genommen, sein:

$$425.1 \,.\, 0{,}17 = 72{,}25,$$

während nach der 2. Reihe bei trockenem Zapfen das Moment zwischen 50 und 40 beträgt.

Früheren Erfahrungen gemäss wird mit wachsender Geschwindigkeit die Mitnahme zunächst leichter (grösseres nöthiges *p*), indessen hat bald die Aenderung der Geschwindigkeit keinen Einfluss mehr, schliesslich wird bei weiterer Steigerung der Geschwindigkeit die Mitnahme wieder erschwert. Als Erklärung hierfür möchte ich den Vorgang des Mitnehmens folgendermaassen deuten. Die Unebenheiten der Axe wirken auf die aufliegende Losscheibe wie eine hin- und herschwingende Stosszunge eines Gesperres, welche in die Zahnlücken des Sperrrades abwechselnd einschlägt und dadurch letzteres dreht. Mit wachsender Geschwindigkeit wächst die Zahl der in gleichen Zeiten ausgeführten Stösse, daher auch die Leichtigkeit des Mitnehmens. Uebersteigt die Geschwindigkeit eine gewisse Grenze, so sinkt die Losscheibe nicht mehr tief genug nach jedem Stosse, um sofort wieder getroffen zu werden; die Un-

ebenheiten der Axe gleiten unter der augenblicklich schwebenden Losscheibe fort.

2. Vergleich der Scheiben *a*, *b*, *c*. Durchweg wurde die Axe vomgeölt verwandt.

Die Bohrung der Scheibe *b* war irrthümlich zunächst zu gross ausgefallen, sodass das Hohllager dieser Scheibe die Axe nicht fest umschloss. Später wurde ein Stück mit engerer Bohrung eingesetzt, welches nun genau auf die Axe passte. Die Scheibe mit weiterer Bohrung soll b_1, die mit enger b_2 genannt werden. b_1 schlenkerte ziemlich stark auf der Axe.

1. Reihe

n	*p*				*n*	*p*	
	a_1	b^1	*c*			*a*	b_2
51	7,3	2,3	3,0		48	5,8	1,8
40	6,3		4,3		28	5,3	1.6
31	5,3	2,3	3,5		12	5,3	1,5
19	5,3		2.0		4	5,3	1,8
10		1,7	1,0				

2. Reihe

n	*a*	b_1	*c*
51	6,3	2,8	3,7
40	5,3	2,8	3,3
31	4,8	2,6	3,1
19	4,6	2,5	2,1
10	4,5	2,5	1,1

3. Reihe

a		b_1		*c*	
n	*p*	*n*	*p*	*n*	*p*
54	7,3	48	1,9	53	2,8
42	7,8	29	1,9	43	3,3
29	4,3	19	1,9	33	3,3
22	4,8	8	2,0	22	2,8
				10	1,3

Der Vergleich von b_1 und b_2 zeigt, dass lockeres Sitzen für Verhütung der Mitnahme ungünstiger ist, wie das feste Anschliessen. *a* mit b_1 oder b_2 verglichen gibt den qualitativ zu erwartenden Einfluss der Masse. Mit geringerer Masse nimmt der Reibungsdruck ab, dementsprechend auch das zur Verhütung der Mitnahme nöthige Gewicht *p*. Indessen ist zwischen Druck und *p* nicht die sonst bei Reibungserscheinungen durchweg auftretende Proportionalität. Während die Massen von *a* und *b* sich wie 2 zu 1 verhalten, ist das Verhältniss von *p* 4 oder 3 zu 1. Am Auffallendsten erscheint mir das Verhalten der Scheibe *a* zur Scheibe *c*. Ich ging von der Ueberlegung aus, dass bei gleichem Reibungsdruck ein geringeres Trägheitsmoment die Mitnahme erleichtern müsse, also *p* grösser werden müsse. In zweifelloser Weise zeigte sich gerade das Gegentheil und zwar umsomehr je geringer

die Geschwindigkeit ist. Es scheint darnach wesentlich zu sein, in welcher Richtung die mitzunehmenden Theile von den direct erschütterten Theilen liegen. Die hauptsächlich nach der Peripherierichtung der Axe sich erstreckenden Theile von *c* werden weniger leicht mitgenommen, wie die wesentlich radial sich erstreckenden von *a*.

B. Versuche mit Zapfen z.

Um mit dem Einfluss der Axendicke zugleich den Einfluss des Materials zu untersuchen, wurden zwei Zapfen z, einer z_s aus Stahl, einer z_m aus Messing genommen.

Durchmesser von z = 2 cm. Scheibe *d*.

1. Zapfen z auf Axe festgeklemmt.				2. Zapfen z lose auf Axe geschoben.	
	z_s	z_m		z_s	z_m
n	p	p 1.	2.	p	p
48	23,8	23,8	20,8	12,8	16,8
34	13,8	17,8	18,8	11,0	13,8
26	13,8	12,8	14,8	8,8	13,8
17	13,8	12,8	14,8	6,8	9,8
10	12,8	7,8	9,8	4,8	7,8

Nur für die mittleren Geschwindigkeiten, bei welchen eine Aenderung derselben keinen wesentlichen Einfluss hat, ist, wie die Zahlen für *a* und *d* (Zapfen fest) zeigen, das Gewicht p proportional dem Axendurchmesser. Bei grosser Geschwindigkeit wird p bei diesem Axendurchmesser von 2 cm erheblich grösser. Wie zu erwarten war, ist die Leichtigkeit des Mitnehmens bei losem Zapfen z kleiner wie bei festen. Der Erfahrung, dass die Reibung zwischen Messing und Messing grösser ist wie zwischen Messing und Stahl, entsprechen die Zahlen für lose Zapfen z, die für festgeklemmte Zapfen nur theilweise.

C. Umlaufsgeschwindigkeit der mitgenommenen Losscheiben.

Um diese zu ermitteln, wurde an den Losscheiben ein kleiner Draht befestigt, welche über die schon oben erwähnte rotirende berusste Trommel fortstrich. Die excentrische Belastung war hierbei nicht vorhanden.

		n	
Axe	a	b_1	c
48	11 u. 13	11	24
34	29	11	15
26	29	9	13
17	17	9	13
10	3	—	2

Auch hiernach hat für die Leichtigkeit des Mitnehmens die Scheibe *a* die günstigste Form. Der Einfluss der Umlaufsgeschwindigkeit, welcher oben p. 38 angegeben wurde, zeigt sich in augenfälliger Weise bei *a*. Dass für die dritte Geschwindigkeit die Zahl der Umläufe von *a* sogar etwas grösser wie die der Axe erscheint, liegt wohl darin, dass hierfür die Axenumdrehung nicht direct beobachtet war, sondern nach dem eingeschalteten Widerstand und vorhergehender Normalbestimmung angenommen wurde.

Als praktisches Resultat ist dem Obigen zu entnehmen, dass die Mitnahme von Losscheiben durch ein verhältnissmässig geringes Moment verhindert werden kann, dass es weiter hierfür vortheilhaft ist, den betreffenden Körper, welcher nicht mitgenommen werden soll, möglichst leicht zu machen, ebenso sein Trägheitsmoment durch gedrungene Gestalt möglichst zu verringern, ferner ihn auf einer lose um die eigentliche Axe gelagerten Axe aufzuschieben. Dabei müssen die aufeinander gelagerten Körper sich dicht umschliessen, damit die Schlenkerbewegung heruntergesetzt wird. Dass der Durchmesser der Axe so klein wie möglich zu nehmen ist, erscheint von vornherein klar.

Hr. **W. Wien** trägt dann vor

über die Bewegung der Kraftlinien im electromagnetischen Felde.

Geschenke.

Werner Siemens. Wissenschaftliche und technische Arbeiten. Berlin. J. Springer. 1. Band. Wissenschaftliche Abhandlungen und Vorträge. 1889. 2. Band. Technische Arbeiten. 1891.

A. Korn. Eine Theorie der Gravitation und der electrischen Erscheinungen auf Grundlage der Hydrodynamik. I. Theil. Gravitation und Electrostatik. Berlin. 1892. F. Dümmler.

E. C. Pickering. Forty-sixth annual Report of the Director of the Astronomical Observatory of Harvard College. Cambridge, Mass. 1891.

H. Schroeder. Die Elemente der photographischen Optik. (Ergänzungsband zu Vogel, Handbuch der Photographie. 4. Auflage. Theil II.) Berlin. 1891. R. Oppenheim.

C. Lang. Eine Skizze über Witterung und Influenza. S.-A. Ausland 1892. Nr. 3 und 4.

P. M. Stapff. Remarks on Prof. Bonney's paper „On the Crystalline Schists and their Relation to the Mesozoic Rocks in the Lepontine Alps". S.-A. Geological Mag. Decade III. Vol. IX. Nr. 331.

C. Dieterici. Theorie der Lösungswärme und des osmotischen Druckes. S.-A. Wied. Ann. Bd. XLV.

F. M. Stapff. Beobachtungen an den in Kreide eingebetteten Diluvialablagerungen Rügens. S.-A. Zeitschr. d. deutsch. geolog. Gesellsch. Jahrg. 1891.

G. E. Hale. Recent results in Solar Prominence Photography. S.-A. Astronomy and Astro-Physics. Nr. 101.

R. Doergens. Ueber die Ursachen der heutigen socialen Missstände. Rede am 25. Jan. 1892 in der Aula der Kgl. Technischen Hochschule zu Berlin. Berlin. 1892.

Abhandlung des Kgl. Preuss. Meteorologischen Institutes. Herausgegeben durch W. v. Bezold. Bd. I. Nr. 4 und 5. Berlin. 1892. A. Asher & Co.

K. Singer. Wolkentafeln. 12 Bilder in Kupferlichtdruck. München 1892. Th. Ackermann.

C. Lang. Zwei Influenza-Epidemien in München und die sie begleitenden meteorologischen Verhältnisse. S.-A. Beobacht. d. meteorol. Stationen im Königr. Bayern. Bd. XIII. Jahrg. 1891.

E. Salvioni. Sulla condizione, che determina la posizione del primo nodo nelle onde elettriche studiate da Lecher. S.-A. Rend. d. Lincei. Vol. I. 1 Sem. fasc. 7. 3. aprile 1892.

Ch. R. Cross and H. M. Goodwin. Some considerations regarding Helmholtz's theory of consonance. S.-A. Proc. Am. Acad. of Arts and Sciences. Vol. XXVII.

E. Riecke und W. Voigt. Die piëzoelectrischen Constanten des Quarzes und Turmalins. S.-A. Wied. Ann. Bd. XLV.

List of surviving members of the American Philosophical Society.

Bericht, erstattet von dem engeren Ausschuss des Comités zur Begründung einer Helmholtz-Stiftung. Berlin. 1892.

A. v. Schweiger-Lerchenfeld. Das Mikroskop. Wien, Pest, Leipzig. A. Hartleben's Verlag.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 11. Nr. 5.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 3. Juni 1892.

Vorsitzender: i. V. Hr. B. SCHWALBE.

Hr. **Th. Gross** spricht:

Ueber den Satz von der Entropie.[1])

Indem ich meine Untersuchung über die Entropie fortsetze, erscheint es des Folgenden wegen nicht überflüssig, ausdrücklich hervorzuheben, dass in den hier vorkommenden analytischen Formeln die Energieänderungen nicht qualitativ genau beschrieben, sondern nur quantitativ gemessen werden, was nach dem Princip von der Erhaltung der Energie stets durch ihr mechanisches Aequivalent geschehen kann. Nur qualitativ verschiedene Energieänderungen werden in den Ausdrücken, die ihr Maass in denselben Einheiten angeben, identisch gleich.

Es sei nun M ein Körper, der unter Einwirkung äusserer Kräfte aus einem Gleichgewichte A in ein Gleichgewicht B übergeht, wobei über diesen Uebergang keine besondere Voraussetzung gemacht wird, sodass er z. B. mit oder ohne wahrnehmbare lebendige Kraft erfolgen kann. In A und B können aber die in M enthaltenen Energieäquivalente nur in innerer Energie und äusserer Arbeit bestehen; werden also die erstere und die letztere für die beiden angenommenen Grenzzustände mit U_A, W_A und U_B, W_B bezeichnet, so ist die Energieänderung Q von M in dem betrachteten Vorgange

$$Q = U_B - U_A + W_B - W_A,$$

und sie ist für jeden einzelnen Vorgang jedenfalls ganz bestimmt.

U und W können nicht in strengem Sinne unstetig sein, man kann daher statt der vorstehenden die Gleichung

$$\int d\,Q = \int d\,U + \int d\,W$$

setzen, worin die Integrale zwischen den gegebenen Grenzen genommen sind.

---

1) Fortsetzung des in einer früheren Sitzung begonnenen Vortrages. Diese Verhandlungen Sitzung vom 6. Mai 1892.

Das Differential dU ist nun unter allen Umständen vollständig, was für die physikalischen Vorgänge Clausius bewiesen hat und für die chemischen daraus folgt, dass sie vom Wege unabhängigen Wärmemengen äquivalent sind.[1])

Die Arbeit dW kann man in zwei Theile zerlegen: In die positive oder negative Arbeit dA, die M bei einer Volumenänderung leistet, und zweitens in die Arbeit $d\Gamma$, die etwa durch Verschiebung seines Schwerpunktes entsteht. Von der letzteren sehe ich vorläufig ab.

Die Arbeit dA ist immer dadurch zu messen, dass M bei seiner Volumenänderung einen Druck überwindet, der einem bestimmten Gesetze folgt. Ist also p der normale Druck auf der Oberflächeneinheit von M, v dessen Volumen, so wird $dA = p\,dv$, indem p, das nöthigenfalls einen Mittelwerth bezeichnet, als eine Function von v anzunehmen ist. Demnach ist, bei Ausschluss von $d\Gamma$, $dQ = dU + p\,dv$.

Die Arbeit $d\Gamma$ kann man sich nun offenbar von einem anderen veränderlichen Körper M_1 hervorgebracht denken, und es gelten für sie ganz analoge Schlüsse wie für dA, sodass sie eine Gleichung $dQ_1 = dU_1 + p_1\,dv_1$ ergibt. Da sie dieselbe allgemeine Form wie die vorhergehende für dQ hat, braucht sie hier nicht besonders betrachtet zu werden.

Der Ausdruck für dQ, der umkehrbare und nicht umkehrbare Vorgänge umfasst, stimmt demnach seiner allgemeinen Form nach genau mit demjenigen für die umkehrbaren überein, wie es auch nicht anders möglich ist. Denn der Uebergang von (A) nach (B) könnte erstens durch lebendige Kraft fortschreitender Bewegung und zweitens durch moleculare Vorgänge nicht umkehrbar werden. Die erstere geht aber als solche nicht in die Gleichung für dQ ein, sondern setzt sich in U oder W um. Die Arbeit W ist nun ihrer Natur nach umkehrbar, weil sie von demjenigen Theile des inneren Druckes der veränderlichen Körper herrührt, der gleich dem äusseren ist, wogegen die Differenz beider die lebendige Kraft bedingt, und für das vollständige Differential dU verliert die Umkehrbarkeit des Weges ihre Bedeutung.

Die äussere Arbeit ist also in den nichtumkehrbaren Kreisprocessen analog wie in den umkehrbaren geometrisch darzustellen und demnach in elementare Carnot'sche Processe

---

1) Vgl. Th. Gross, Exner's Rep. p. 473. 1890.



zu zerlegen. Hieraus folgt für beliebige Kreisprocesse die Geltung der Gleichung $\int dQ \,/\, \vartheta = 0$, worin ϑ die mittlere Temperatur von M während der Aufnahme von dQ ist. Dieses wird meiner Meinung nach auch durch folgende Erwägungen besonders deutlich.

Da dQ integrirbar ist, so kann man annehmen, dass dU für sich allein erfolgt, und vorher oder nachher die durch $p\,dv$ gegebene äussere Arbeit. Letztere ist aber durch ihren Ausdruck vollständig bestimmt, wenn, wie vorausgesetzt wird, p als Function von v gegeben ist, und von der specifischen Natur des Körpers M unabhängig. Daher kann angenommen werden, dass sie statt von M von irgend einem anderen Körper, z. B. von einem vollkommenen Gase, geleistet wird, wenn sie nur dem integrirbar angenommenen Ausdrucke $p\,dv$ genügt. Die Quantität dieses Gases bestimmt sich dadurch, dass es für gegebene Werthe von p und v eine gewisse absolute Temperatur ϑ haben muss. Für dU kann dann ein solcher Weg angenommen werden, dass sich ϑ dafür nach demselben Gesetze ändert wie in dem Ausdrucke für die äussere Arbeit, auf die ohne weiteres der verallgemeinerte Carnot'sche Satz anzuwenden ist.

In einem folgenden Vortrage werde ich die allgemeine Geltung der Entropiegleichung noch auf einem anderen Wege nachweisen.

Ich betrachte nun die einzelnen Gruppen nicht umkehrbarer Vorgänge. Clausius nennt als solche[1]: 1. Volumenänderungen, wobei die Kraft, die den Körper ausdehnt, nicht einen ihr gleichen Widerstand findet, 2. Wärmeerzeugung durch Reibung und Luftwiderstand, 3. Wärmeerzeugung durch den galvanischen Strom bei Ueberwindung eines Leitungswiderstandes, 4. die unmittelbaren Wärmeübergänge, die durch Leitung oder Strahlung stattfinden.

In Bezug auf 1. ist zu erinnern, dass dieser Vorgang durch lebendige Kraft fortschreitender Bewegung nicht umkehrbar sein würde, diese aber, wenn er von Gleichgewichtszuständen begrenzt wird, in die Entropiegleichung nicht eingeht. Besitzen ferner die Massenelemente von M auf dem Hinwege wahrnehmbare lebendige Kraft, die schliesslich bei constantem Volumen in Wärme übergeht, so könnte ihnen auf dem Rückwege Wärme nach demselben Gesetze entzogen werden, wonach sich die lebendige Kraft änderte, und das Arbeitsäquivalent beider

---

1) a. a. O. p. 222 ff.

Vorgänge wäre, absolut genommen, in jedem Theile gleich. Der Vorgang wäre also umkehrbar, soweit seine Umkehrbarkeit hier in den analytischen Formeln zum Ausdruck gelangt.

Die Vorgänge 2. bis 4. sind, wenn von etwa damit verbundener äusserer Arbeit abgesehen wird, die wie bei 1. zu beurtheilen ist, rein moleculare Energieänderungen von M und seiner Hülle, deren Aequivalente in dem Kreisprocesse schliesslich Null werden, und die, wie (vorhergehende Seite) gezeigt, die Form der äusseren Arbeit nicht beeinflussen.

Zu 4. bemerke ich noch: Ist ϑ_1 die Temperatur der Wärmequelle K_1, ϑ die von M, $\vartheta_1 > \vartheta$, und es geht (I) Wärme von K_1 zu M über, so wird die nicht mögliche Umkehrung dieses Vorganges darin gesucht, dass (II) Wärme unmittelbar von M zu K_1 und von ϑ zu ϑ_1 fliesst.

Sollen aber (I) und (II) Umkehrungen voneinander sein, so müssen ihre Wärmeäquivalente entgegengesetzt gleich sein. Das Vorzeichen von dQ muss nun erstens durch die Richtung des Wärmeüberganges zwischen K_1 und M und zweitens dadurch bestimmt werden, ob der Uebergang von höherer zu niedrigerer Temperatur erfolgt oder umgekehrt. Werden daher die Wärmeübergänge von K_1 zu M und von ϑ_1 zu ϑ als positiv angenommen, so würde in (II) $-dQ$ in negativer Richung übergehen, was dQ ergäbe. In der That sind also (I) und (II) nicht in dem hier geltenden Sinne Umkehrungen voneinander. Dasselbe würde auch bei anderer Bestimmung der Vorzeichen folgen; denn jedenfalls müssen entgegengesetzte Aenderungen entgegengesetzte Zeichen haben. Um daher für dQ die Umkehrung $-dQ$ zu erhalten, dürfen in (I) und (II) die Uebergänge zwischen den Temperaturen und den Körpern nicht beide entgegengesetzt sein, sondern die wahre Umkehrung von (I) ist der Uebergang von dQ von M zu einer Wärmequelle K_2 mit der Temperatur ϑ_2, $\vartheta_2 < \vartheta$, der möglich ist. Dieses wird übersehen, wenn man den Wärmeübergang zwischen verschiedenen Temperaturen abstract betrachtet, ohne seine Richtung zwischen den Körpern zu berücksichtigen. Als nicht umkehrbarbar wird auch der Fall angesehen[1]), dass ein vollkommenes Gas vom Volumen v_1 bei der adiabatischen Ausdehnung auf das Volumen v_2 keinen Widerstand zu überwinden hat und isotherm in seinen Anfangszustand zurückgeführt wird.

1) Clausius, Abhandl. 1864. 5. p. 164.



Für die Ausdehnung ist dann $\int dQ / \vartheta = 0$ und für die Zusammendrückung soll der Werth der uncompensirten Verwandlungen

$$-\int_{v_2}^{v_1} \frac{p\,dv}{\vartheta} = R \log \frac{v_2}{v_1}$$

sein. Bei der Zusammendrückung wird aber Arbeit in Wärme verwandelt und diese von dem veränderlichen Körper auf eine Wärmequelle übergeführt, während die Temperatur stets denselben constanten Werth behält, was die entgegengesetzt gleichen Verwandlungswerthe dQ / ϑ, $-dQ / \vartheta$ gibt, sodass für den vorliegenden Vorgang $\int dQ / \vartheta = 0$ wird.

Auf Grund aller vorstehender Erörterungen stelle ich folgenden Satz auf.

Wenn ein Körper unter Einwirkung äusserer Kräfte aus einem in einen zweiten Gleichgewichtszustand übergeht, so ist die Entropie dieses Vorganges stets durch seine beiden Grenzzustände vollkommen bestimmt; sie ist also unabhängig vom Wege des Ueberganges und zwischen gegebenen Grenzen constant.

In einem isolirten Systeme ist identisch $dU = 0$ und daher auch $dU / \vartheta = 0$, die letztere Gleichung verliert aber hier infolge der Geltung der ersteren ihre Bedeutung.[1])

Hr. **W. Wien** berichtet dann auf Grund von gemeinsam mit Hrn. **L. Holborn** angestellten Versuchen

über die Messung hoher Temperaturen.

Sitzung vom 17. Juni 1892.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **H. W. Vogel**

Ueber die neue Methode der vervielfältigenden Photographie in Naturfarben.

Zwei Wege hat man eingeschlagen, um zur Lösung des höchsten Problems der Photographie: Photographie in natürlichen Farben zu gelangen.

---

1) Nach Hrn. Bertrand (a. a. O. p. 270) entsteht in einem festen, von einer adiathermanen Hülle umgebenen Körper, worin kein Temperaturgleichgewicht vorhanden, eine Zunahme der Entropie. Dabei sind jedoch nur die Aenderungen der Wärme nicht die der anderen Energieformen berücksichtigt.

1. Directe Aufnahme mittelst photographischer Schichten, die für alle Farben empfindlich sind und die Wirkung jeder Farbe in der Originalfarbe wiedergeben. Dahin gehören die Versuche von SEEBECK (GOETHE's Farbenlehre 1810), BECQUEREL, NIÉPCE DE ST. VICTOR, POITEVIN, ZENKER und LIPPMANN, dem es zuerst gelang, fixirbare Photographien in sogenannten natürlichen Farben herzustellen.

Diese Methode hat den Uebelstand, dass die wiedergegebene Farbe aus physikalischen Gründen, die ich Photographische Mittheil. XXVIII, p. 205, auseinandergesetzt habe, nicht genau der Naturfarbe gleicht, dass sie ferner nur die Aufnahme glühend heller Körper (Spectrum, durch electrisches oder Licht beleuchtete bunte Scheiben etc.) gestattet, dass ferner das Gelingen des Bildes von einer Fülle von Bedingungen, der Dicke der Schicht, Temperatur beim Trocknen der peinlich genauen Zusammenstimmung des in der Schicht auf das feinste vertheilten Bromsilbers und des Farbensensibilisators etc. etc. abhängig ist (s. H. KRONE, Photogr. Mittheil. XXVIV, p. 68), sodass das Gelingen als ein Glücksfall betrachtet werden muss, und dass endlich für jedes neue Bild eine neue Aufnahme nöthig ist.

2. Aufnahmen mit Benutzung des Farbendruckprincips und der damit möglichen Vervielfältigung.

Dieser zweite Weg wurde bereits von RANSONNET in Oesterreich, COLLEN in England 1865 vorgeschlagen; sie verlangten die Herstellung dreier Aufnahmen nach demselben farbigen Gegenstande durch rothes, gelbes und blaues Glas. So sollten drei Negative entstehen, in denen einerseits nur die rothen, andererseits nur die blauen resp. gelben Strahlen der Natur gewirkt hätten. Hierbei gingen Betreffende von der unrichtigen BREWSTER'schen Theorie von den einfachen Farben aus. Die nach ihrem Vorschlag gewonnenen Negative sollten auf photolithographischen Stein copirt und die erhaltenen Steine in Gelb, Blau und Roth auf dasselbe Papier abgedruckt werden. CROS und DUCOS DU HAURON nahmen 1869 das RANSONNET'sche Princip auf und glaubten es zu verbessern, indem sie an Stelle der BREWSTER'schen Grundfarben die HELMHOLTZ'schen: Roth, Grün und Violett setzten, hierbei übersahen sie, dass diese Theorie nur für farbige Strahlen, nicht für Farbstoffe gültig sind und dass ihre farbigen Gläser (Strahlenfilter) die gemeinten farbigen Strahlen keineswegs rein durchliessen, son-



dern z. B. ihr violettes Glas eine Mischung von rothen und blauen Strahlen, dass endlich der Abdruck der gedachten Platten mit farbigen Pigmenten geschah, für welche die für Farbenstrahlen aufgestellten Gesetze nicht gültig sind.

Das Princip blieb aber schon deshalb nicht ausführbar, weil man 1869 roth- und gelbempfindliche photographische Platten noch nicht kannte.

Erst 1873 glückte mir die Darstellung solcher, und nunmehr nahmen Cros, Ducos du Hauron in Frankreich, später Albert in München den Gedanken wieder auf, indem sie sich der nach meinem Princip „farbenempfindlich" gemachten Platten bedienten. Albert benutzte statt der Lithographie den sogenannten Lichtdruck (besser Lichtleimdruck), bei welchem das photographische Negativ auf eine mit lichtempfindlichem chromirtem Leim bedeckte Glasplatte copirt wird. Diese zeigt dann ein Bild, welches wie jede lithographische Platte schwarz oder in Farbe abdruckbar ist, indem merkwürdiger Weise nur die vom Licht afficirten Stellen Farbe annehmen.

Bei der Wahl der Abdruckfarbe ergaben sich aber Eigenthümlichkeiten. Man denke sich ein rothes, gelbes und blaues Quadrat auf weissem Grunde und nehme diese auf rothempfindlicher Platte auf, indem man zur Abschliessung der auch auf solche Platte wirksamen blauen Strahlen ein rothes Strahlenfilter, welches auch schwach Gelb durchlässt, einschaltet. Es wird dann das blaue Quadrat gar nicht wirken, das gelbe nur schwach, das rothe sehr intensiv. Dieses wird also am undurchsichtigsten sein. Copirt man das gewonnene Negativ mit Hülfe des Lichtes auf eine Lichtdruckschicht (vgl. oben), so wird das blaue Feld, weil es am durchsichtigsten ist, das Licht am besten durchlassen, das rothe undurchsichtige am wenigsten. Infolgedessen wird unter dem blauen Quadrat die Lichtdruckplatte am stärksten afficirt werden. Würde man nun dieselbe mit rother Farbe einwalzen, so würde das Bild des blauen Quadrats die rothe Farbe am stärksten annehmen, das Bild des rothen Quadrats, welches sich am stärksten Roth färben sollte, würde dagegen weiss bleiben. Cros und Ducos du Hauron kamen deshalb frühzeitig zu der Erkenntniss, dass zum Abdruck bewusster Platte nicht rothe Farbe, sondern die Complementärfarbe zu Roth genommen werden müsse. Dies gilt auch für die übrigen Farben. So gelangten sie zu dem Schlusse, die hinter rothem Glase aufgenommene für Roth empfindliche

Negativplatte müsse in der Complementärfarbe (Grün), die hinter gelbem Glase aufgenommene für Gelb empfindliche Platte in der Complementärfarbe (Blau) abgedruckt werden etc. etc. In der That erhielt man dadurch eine Annäherung an die Naturfarbe, keineswegs aber die wirkliche Naturfarbe selbst.

Die Abweichungen waren unter Umständen der Art, dass die Bilder künstlerisch völlig werthlos wurden. Die Gründe habe ich bereits in WIEDEMANN's Annalen 28. p. 133 erörtert.

Es ist sehr leicht, subjectiv die Complementärfarbe für ein gegebenes farbiges Glas oder Pigment etc. herzustellen (Experiment mit MEYER's Ringen oder RACONA SCINA's farbigen Gläsern); die objective Nachahmung durch Pigmente ist aber eine äusserst schwierige, reinweg von dem Urtheil des Malers abhängige. Es ist ähnlich wie mit der farbigen Darstellung eines Spectrums. So nehmen wir zur Darstellung des Orange stets Mennige. Prüft man dieselbe aber spectroskopisch, so findet man, dass sie nicht nur orange, sondern auch dunkelrothe, gelbe, grüne und sogar blaue Strahlen zurückwirft. So gab auch die malerische Wiedergabe der Complementärfarben zu den farbigen Scheiben DUCOS und ALBERTS's ein Durcheinander von Farbenstrahlen, das weit von der Natur abweicht.

Diese Abweichungen beseitigte ich 1885 durch Aufstellung eines einfachen Gesetzes. [1]) Jedes gewöhnliche (schwarze) photographische Bild wird bekanntlich mit Hülfe des Lichts nach einer Negativplatte, auf welcher Schwarz nicht gewirkt hat, auf im Lichte schwarz werdendes Papier copirt. Analog braucht man für die Herstellung der Copie in Gelb bei dem Naturfarbenlichtdruckverfahren eine Negativplatte, auf welche Gelb nicht gewirkt, für die Herstellung in Roth eine Negativplatte, auf welche Roth nicht gewirkt hat. Kurz es stehen die Druckfarben und die auf das betreffende Negativ wirksamen Naturfarben in einem Gegensatz zu einander. Diese „gegensätzliche" Pigmentfarbe (s. v. v.) zu finden gelang mir in einfacher Weise. Zur Herstellung der oben erwähnten drei oder mehr farbenempfindlichen Platten (für die Aufnahme hinter rothem, gelbem oder blauem Glase) sind nämlich Färbungen betreffender Platten durch gewisse lichtempfindliche Farbstoffe nöthig, welche betreffendes rothes, gelbes, grünes oder blaues Licht

1) Vgl. Wied. Ann. 28. p. 133.



absorbiren. Will ich eine Platte rothempfindlich machen, so muss ich ihr nach meinem 1873 aufgestellten Princip einen Stoff zusetzen, welcher rothes Licht absorbirt, z. B. das Picratgrün oder Chlorophyll, also grüne Farbstoffe; will ich sie orangegelbempfindlich machen, so muss ich einen Stoff zusetzen, der orangegelb absorbirt, z. B. das blaue Cyanin. Nun ist jede Farbe offenbar genau complementär zu den Strahlen, welche sie absorbirt. Nach diesem 1885 a. a. O. und in den Berichten dieser Gesellschaft publicirten Princip war die Unsicherheit in der Auswahl der Complementärdruckfarbe für das oben gedachte Verfahren vollständig beseitigt.

Das für Orange durch Cyanin roth-gelb sensibilisirte Negativ musste somit auf Lichtdruckplatte copirt und diese mit Cyanin eingefärbt und abgedruckt werden. War dasselbe unecht, so konnte es mit einer anderen echten blauen Farbe von gleichen Absorptionsstreifen vertauscht werden.

Hiermit war eine neue Grundlage gegeben, um die Willkür in der Wahl der „complementären“ Druckfarben zu beseitigen und der Naturwahrheit näher zu kommen.[1])

Allgemein gedacht, ging das Verfahren praktisch darauf hinaus, das Spectrum in verschiedene Abtheilungen drei, fünf oder mehr zu zerlegen, für jede Abtheilung einen Sensibilisator zu suchen, die erhaltenen Negative auf Lichtdruckplatten zu copiren und mit dem „Sensibilisator“ oder einer ihm spectroskopisch ähnlichen Farbe abzudrucken.

Die farbigen Gläser blieben dabei insofern unentbehrlich, als jede roth oder gelb empfindlich gemachte Platte wegen der Eigenabsorption des Bromsilbers noch blau oder blaugrün empfindlich bleibt und diese fremden Strahlen abgefangen werden müssen.

Hr. Ulrich, Chromolithograph, war der erste, der die Richtigkeit dieses Princips praktisch erwies, 1890 bereits derartig gefertigte Lichtdrucke in der Amateurausstellung in Berlin, 1891 auf der deutschen Ausstellung in London ausstellte und dort den ersten Preis erhielt. Er hielt aber noch die Anwendung einer vierten dunklen Contourenplatte für nöthig, die meine Theorie verwarf.

---

1) Einen anderen Hauptfehler des Verfahrens von Ducos du Hauron und Albert: Anwendung nur einer einzigen Platte, die nicht einmal rothempfindlich war, für Aufnahme aller drei Strahlengattungen, rügte ich bereits in meinem Buche: Die Photographie farbiger Gegenstände. Berlin, bei Oppenheim, p. 136, 1885.

Um dieselbe Zeit trat Dr. E. Vogel jun. in die Sache ein und erzielte durch Anwendung neuer Plattenfärbungen, die er selbst präparirte, sowie durch Anwendung neuer correspondirender farbiger Strahlenfilter (spectroskopisch untersuchte Farben in festen Verhältnissen in Collodium gelöst an Stelle der in der Färbung wechselnden farbigen Glasscheiben vgl. oben) Resultate, die alle bisherigen übertrafen und die Contourenplatte überflüssig machten.

Nun lässt sich dieses Princip nicht schon jetzt in aller Freiheit durchführen. Für gewisse Stellen des Spectrums, z. B. Blaugrün, haben wir noch keinen genügenden Absorbenten, ebenso für das äusserste Roth. Wir beschränken uns deshalb auf Farbstoffe, welche breite Theile des Spectrums absorbiren, z. B. von im Roth bis Lin. D incl., von dort bis Lin. F, von dort bis incl. Violett und drucken mit denselben oder spectroskopisch ähnlichen Farben. Dadurch ist das Verfahren vorläufig auf drei Platten beschränkt. Mit dem rapiden Fortschreiten der Farbenindustrie werden uns aber neue Farben zur Sensibilisation, resp. zum Druck geliefert werden, wodurch wir der Wahrheit immer näher kommen.

Nun erhalten wir nicht allein die angewendeten Drucktöne, sondern auch Mischungen derselben, indem wir nur mit Lasurfarben drucken. Die Uebereinanderlage des von uns spectroskopisch gewählten Lasurgelbs mit dem ebenfalls spectroskopisch gewählten Lasurblaus ergibt aber ein Grün, die Uebereinanderlage des Gelb und Roth mit etwas Blau gibt Braun, und die auffallende Richtigkeit der so erzielten Mischtöne hat nicht nur uns überrascht, sondern auch hervorragende Künstler und Kunstkenner, die uns willig ihre Meisterwerke zur Probe überliessen, z. B. Menzel, Knaus, Graeb, Aiwasowsky, Breitbach, ferner den Director des Kunstgewerbemuseums, Prof. Dr. J. Lessing, welcher uns die Aufgabe stellte, farbenreiche antike Teppiche des Museums zu reproduciren.

Auch für wissenschaftliche Abbildungen aus der Pflanzen- und Thierwelt etc. etc. wird das Verfahren von Wichtigkeit werden. Was bisher nur mühsam der Chromolithograph in monatelanger Arbeit leistete, unter Aufwand von 20 und mehr Steinen, das leistet der neue Process in acht Tagen mit nur drei Platten.

Selbstverständlich ist das Verfahren, welches bereits in



die Praxis der Reproductionsphotographie übergegangen ist, nicht nur für Lichtdruck (Lichtleimdruck), sondern auch für Photolithographie und für Photozinkographie (Buchdruck) verwendbar und dürfte es durch letztere eine neue Aera einleiten für die Buch- und Zeitungsdruck-Illustration in Naturfarben, Landkartendruck etc. Bald dürften jene Oelgemälde, die bisher bei Ausstellungen in Schwarz reproducirt dem Publikum angeboten wurden, in Naturfarbendruck ausliegen. Möge es auch den wissenschaftlichen Publicationen Nutzen bringen.

Hr. **A. König** besprach und demonstrirte darauf

ein neues Spectralphotometer,

welches sich in den wesentlichen Bestandtheilen an das früher von ihm beschriebene (Verh. dieser Gesellsch. vom 22. Mai 1885 und 19. März 1886) anschliesst. Die Abänderung besteht darin, dass an Stelle des Zwillingsprismas ein dem besonderen Zweck entsprechend modificirter Lummer-Brodhun'scher Photometerwürfel benutzt ist. Der eine Theil des Photometerwürfels ist ersetzt durch einen Cylinder, dem eine Ebene angeschliffen ist und der andere durch ein Prisma mit trapezförmigen Querschnitt. Das Princip des Lummer-Brodhun'schen Würfels bleibt aber dadurch völlig unverändert.

Eine eingehende Beschreibung des Apparates wird erfolgen, sobald derselbe definitiv ausgeführt ist und grössere Beobachtungsreihen gewonnen sind.

Hr. **H. E. J. G. du Bois** demonstrirt darauf mehrere neuere Constructionen:

1. Babinet-Hecht'scher Compensator. Dieses Instrument, welches von der Firma Schmidt & Haensch construirt wurde, kann entweder in Babinet'scher Anordnung (Franzen) oder in der wohl zuerst von Hecht beschriebenen Weise (gleichmässige Compensation im ganzen Gesichtsfelde) benutzt werden. Ausser dem mikrometrisch verschiebbaren langen Quarzkeil sind zwei verschiedene kurze Keile und eine planparallele Quarzplatte beigegeben, durch deren passende Combination je die eine oder andere Anordnung leicht bewerkstelligt werden kann. Bei gleichmässiger Compensation gelang es die Azimuthe mittels Halbschattenvorrichtung im monochromatischen Lichte zu bestimmen. Diese Messung, der schwache Punkt bei den ge-

wöhnlichen Compensatoren, wird dadurch erheblich genauer, wenn auch die Fehler noch sehr viel grösser bleiben, als bei Benutzung der Halbschattenmethode im genau gradlinig polarisirten Lichte. Es gelang daher noch nicht das vorliegende Instrument zur Untersuchung von Erscheinungen heranzuziehen, bei denen nur nach Minuten zählende Azimuthdifferenzen vorkommen.

2. Magnetometer. Dieser, von der Firma KEISER & SCHMIDT ausgeführte, Apparat ist eine Vereinfachung der neueren Construction von Hrn. F. KOHLRAUSCH. Es besitzt Kupfer- und Luftdämpfung, drehbaren Spiegel und kann an die Wand gehängt und dabei vertical justirt werden; letztere Anordnung wurde getroffen, weil in vielen Räumen die Wände weit stabiler sind als Pfeiler, bez. letztere in oberen Stockwerken fehlen.

3. Bogenlampe (50 Volt, 40 Amp., etwa 10,000 Kerzen in horizontaler Richtung), welche von der Firma SIEMENS & HALSKE speciell für Laboratoriumszwecke gebaut wird.

4. Intensivnatronbrenner zur Erzeugung monochromatischen Lichts von möglichst grosser Helligkeit.

5. Polarisator und Analysator mit LIPPICH'scher Halbschattenvorrichtung für möglichst allgemeine Verwendbarkeit (Flüssigkeitsoberflächen, senkrechte Incidenz u. dergl.).

6. Magnetische Waage zur einfachen und raschen Bestimmung der Magnetisirungs- bez. Hysteresiscurven des technisch benöthigten magnetischen Materials.

7. Grosser Versuchsmagnet zur Erzeugung intensiver magnetischer Felder zu einschlägigen Untersuchungen.

8. Modificirtes astatisches Galvanometer, welches in Gemeinschaft mit Hrn. **H. Rubens** ausgearbeitet und von Letzterem vorgeführt wurde.

Die zuletzt erwähnten Apparate (3—8) sind kürzlich anderweitig eingehender beschrieben worden bez. wird eine Beschreibung in nächster Zeit erscheinen.

Hr. **A. Raps** demonstrirt zum Schluss ein etwas modificirtes Exemplar des früher von ihm construirten grossen Spectrometers.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 11. **Nr. 6.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 21. October 1892.

Vorsitzender: Hr. A. KUNDT.

Hr. **W. Jäger** berichtete auf Grund von gemeinsam mit Hrn. **D. Kreichgauer** angestellten Versuchen

Ueber den Temperaturcoefficienten des Quecksilbers.

Hr. **L. Arons** sprach dann

Ueber einen Quecksilberlichtbogen.

Mit Versuchen über die Gasentladung beschäftigt, fand ich eine ausserordentlich einfache Methode, einen intensiv leuchtenden, lang andauernden Lichtbogen zwischen Quecksilberelectroden herzustellen, welcher nur verhältnissmässig geringe electromotorische Kräfte zu seiner Unterhaltung erfordert und keine der lästigen Eigenschaften von Lichtbögen zwischen Metallelectroden besitzt.

In den meisten Fällen bediente ich mich zur Herstellung desselben einfacher ∩-förmiger Glasröhren von 2 cm Durchmesser und ca. 6 cm Schenkellänge; die Schenkel waren unten geschlossen und mit eingeschmolzenen Platindrähten versehen. An der Biegung war nach oben ein engeres Gasrohr (ca. 0,5 cm. Durchmesser angesetzt, welches die Form der bei Gasentwickelungsapparaten üblichen Sicherheitsröhren hatte und in ein T-Stück auslief. Durch letzteres konnte der kleine Apparat einerseits mit der Quecksilberluftpumpe, andererseits mit Gasentwickelungsapparaten, Manometer etc. in Verbindung gesetzt werden. Das Quecksilber wurde in die Schenkel bis nahe an die Biegung eingefüllt, sodass ein Zwischenraum von 3—4 cm zwischen den Kuppen blieb; nachdem der Apparat bis zu dem gewünschten Drucke ausgepumpt war, wurde auch das U-förmige Stück des „Sicherheitsrohres“ mit Hg gefüllt, sodass ein kleines Manometer entstand, welches eventuelle Druckänderungen im Innern des Apparates anzeigte.

Die Zuleitung des Stromes geschieht durch die erwähnten Platindrähte; da es sich um Ströme bis zu mehr als 10 Amp. handelte, mussten die Einschmelzstellen gegen eine zu starke Erwärmung durch den Strom geschützt werden. Zu dem Zwecke standen die Schenkel des Apparates in Gläsern mit Quecksilber, in welches die von der Stromquelle kommenden Drähte tauchten. Die demonstrirten Apparate waren von der Pumpe abgeschmolzen; ausserdem waren die das äussere Hg enthaltenden Gläser um die unteren Enden der Schenkel herum geschmolzen und mit kurzen Stutzen von geringem Querschnitt versehen, durch welche die Zuleitungsdrähte von der Stromquelle führten. Der so entstandene kleine Apparat (Lampe) war auf einem Holzfusse aufrecht stehend montirt.

Der Lichtbogen kommt zu Stande, wenn man den Apparat mit einer entsprechenden Stromquelle, z. B. einer Batterie von 30 Accumulatoren verbindet, durch Neigen oder Schütteln für einen Augenblick metallischen Contact zwischen dem Hg in den beiden Schenkeln herstellt und den Apparat sodann in verticaler Stellung fixirt.

Da ich in anderem Zusammenhange auf die Erscheinungen zurückkommen muss, gebe ich im Folgenden nur eine kurze Uebersicht der wichtigsten Eigenschaften. Meine Versuche wurden theils mit verschieden starken Accumulatorenbatterien, theils mit dem Strome der städtischen Electricitätswerke (105—110 Volt Spannung) angestellt; in den Stromkreis war stets ein Regulirwiderstand eingeschaltet.

Die folgende kleine Tabelle gibt eine Versuchsreihe, bei welcher der Druck nur Bruchtheile eines Millimeters beträgt. Die erste Zeile enthält die Stromstärken, die zweite die Spannungen an den Hg-Electroden:

Amp.	11	9	7	5,5	3	2	1,4	0,8	0,5
Volt	17,5	17	16,5	16	15,3	14	20	28	40

Die Stromstärke 1,4 Amp. war nur zu erhalten, nachdem durch vorhergehende stärkere Ströme eine grössere Menge Hg-Dampf entwickelt, der Druck um einige Millimeter gesteigert war; die schwächeren Ströme dauern nicht an, die Messungen sind unsicher.

Bei allen Stromstärken bis herab zu 1,4 Amp. wird der ganze Querschnitt des Rohres von einem ausserordentlich

intensiven gräulich-weissem Lichte erfüllt. Nur in den ersten Secunden besteht über der Kathode, auf welcher ein grüner Lichtfleck herumirrt, ein dunkler Raum; auch dieser wird bald von Licht erfüllt, ohne dass der besonders intensiv leuchtende Fleck auf der Kathode, welcher in beständiger schneller Bewegung bleibt, verschwindet. Bei den geringeren Stromstärken treten bisweilen unregelmässige Schichtungen auf. Besonders bemerkenswerth sind folgende Eigenthümlichkeiten: Trotz des continuirlichen Eindruckes der Lichterscheinung ist die Entladung stets discontinuirlich; die Discontinuität wird leicht durch das Telephon erkannt, welches nebst einem Condensator von grosser Capacität neben den Apparat geschaltet ist. Mit der Discontinuität hängt es zusammen, dass trotz der gemessenen niedrigen Spannung an den Electroden eine fast dreimal so grosse electromotorische Kraft zur Herstellung des Bogens erforderlich ist; 50 Volt. reichen eben dazu hin. Im Gegensatze zu dem gewöhnlichen Kohlenbogen ist die Kathode durchgehends heisser als die Anode; doch hat schon Stenger gezeigt, dass mit abnehmendem Drucke die Temperaturdifferenz der Electroden am Kohlenbogen abnimmt.

Die Anwesenheit von Gasen (Luft, Wasserstoff) ändert die Stromintensitäts- und Spannungsverhältnisse nicht erheblich, so erhielt ich bei 5,1 mm H-Druck einen Strom von 8,5 Amp. bei 18 Volt. Dagegen ist die Temperatur eine bei weitem höhere, entsprechend dem Umstande, dass der Lichtstrom nicht mehr den ganzen Querschnitt des Rohres füllt; bei dem eben erwähnten Versuche zog sich nur ein besonders stark leuchtendes Band auf der unteren Seite der Biegung zwischen den nächsten Stellen der Hg-Säulen hin. Nach kurzer Zeit wurde das Glassgefäss so heiss, dass es an einer Stelle eingedrückt wurde. Sehr starke Erhitzung zeigten natürlich auch enge Röhren (0,7 cm Durchmesser) unter sonst völlig gleichen Verhältnissen. Ebenfalls durch übermässige Erhitzung gingen Apparate nach wenigen Augenblicken zu Grunde, welche Zn-Amalgam enthielten; ebenso erging es, wenn Aluminiumdrahtstückchen auf dem Hg schwammen. Günstigere Resultate erhielt ich mit Na-Amalgam. Die Entladung war gleichfalls discontinuirlich; dagegen zeigte sich durchgehends die Anode heisser. Mit Leichtigkeit konnte man hier durch Einschalten

von grösseren Wiederständen zu schwächeren Strömen herabgehen. Die Electrodenspannung ist durchgehends niedriger, als beim reinen Hg.

Amp.	6	5	2,6	1,6	0,9	0,6
Volt.	10	10	10,5	12	18	20

Die Na-Linien treten im Spectrum am stärksten an der Kathode auf; der Strom von 0,6 Amp. wurde erst dauernd, nachdem an der Anode die Na-Linien verschwunden waren.

Tabelle.

Linienspectrum des Quecksilberlichtbogens.

I. Wellenlänge in Å. E.; II. Bezeichnung der Intensität (1—6); III. u. IV. Dasselbe nach KAYSER und RUNGE.

I	II	III	IV	Bemerkungen.
6234	2	—	—	Treten erst nach einigen Secunden auf; nach KAYSER u. RUNGE sind zu erwarten 6595 u. 5906 (Erste Nebenserie $n = 3$).
6123	3	—	—	
6072	4	—	—	
5889	5	—	—	
5858	5	—	—	
—	—	5819,1	6	
5808	3	5804,3	5	
5792	1	5790,5	1	
5787	4	—	—	
5775	4	—	—	
5771	1	5769,5	1	
5754	3	—	—	
5739	6	—	—	Unsicher; jedenfalls sehr schwach.
5677	4	—	—	
5477	3	—	—	
5461	1	5461,0	1	
5446	3	—	—	
5431	3	—	—	
5366	4	5365,3	6	Bei längerem Brennen färbt sich der Untergrund matt grün; möglicherweise finden sich hier noch viel mehr Linien.
5355	3	—	—	
5316	4	—	—	
5122	4	—	—	
5103	5	—	—	
5047	4	—	—	
5027	4	—	—	
4961	5	4959,7	5	
4916	1	4916,4	3	
4370	5	—	—	
4359	1	4358,6	1	
4347	3	4347,6	2	
4338	4	4339,5	4	
4074	3	4078,1	2	
4043	2	4046,8	3	

Genauer untersuchte ich das Spectrum des Hg-Lichtbogens, welches ein Linienspectrum von ausserordentlicher Stärke der Linien ist. Die Schwingungsenergie der characteristischen Wellenlängen muss also bei dem blendenden Glanze des Bogens eine enorme sein. Mittels eines RUTHERFORD'schen Gitters erhielt ich im Spectrum erster Ordnung ausser den von KAYSER und RUNGE erhaltenen Linien eine grosse Anzahl solcher im Grün und Orange. In der Tabelle gebe ich das Resultat meiner Messungen in ÅNGSTRÖM'schen Einheiten. Eine Linie geringster Intensität, welche KAYSER und RUNGE als unscharf bezeichnen, habe ich nicht beobachtet; dagegen ausser den von ihnen im sichtbaren Spectrum festgelegten 13 Linien noch 20 weitere gemessen.[1])

Es ist anzunehmen, dass die Reinheit des Spectrums hier allein von der Reinheit des Metalles abhängt, da fremde Gase ausgeschlossen sind, und das Glas nur eine geringe Erwärmung erfährt. Uebrigens konnte man letztere noch vermindern, indem man den ganzen Apparat in ein grosses Glasgefäss mit Wasser setzte. Unter diesen Umständen lasse ich die Lampe mit 9 bis 10 Amp. stundenlang brennen. Ich versuchte über die Temperatur im Inneren des Bogens durch ein Thermometer Kunde zu erhalten, welches durch ein besonderes Ansatzrohr in den Bogen gebracht werden konnte. Trotzdem die Kugel völlig vom Bogen umspült war, stieg das Thermometer nur langsam, erreichte aber bei einem Strome von 5—6 Amp. nach etwa 3 Minuten eine Temperatur, bei welcher sein Quecksilber zu sieden begann. Schliesslich sei noch erwähnt, dass das Licht intensiv genug war, um selbst bei sehr starker Vergrösserung das Spectrum objectiv zu zeigen.

---

1) Bei der Beobachtung mit einem Glasprisma zeigte sich nach längerem Brennen stets noch eine schwächere rothe Linie, deren Wellenlänge etwa 7110 Å. E. ist.

Jahrg. 11. **Nr. 7.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 4. November 1892.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **H. E. J. G. du Bois** sprach

Ueber polarisirende Gitter.

Der Inhalt des Vortrages bildet den zweiten Theil der inzwischen in Wied. Ann. (Bd. 46. p. 548—562) veröffentiichten Abhandlung: „Reflexion und Transmission des Lichtes durch gewisse äolotrope Gebilde". — Drahtgitter und Platinschichtgitter wurden vorgezeigt.

Hr. **Th. Gross** trug dann vor

Ueber den Satz von der Entropie.[1])

Ich komme zunächst nochmals auf die Untersuchungen von Clausius zurück. Er will beweisen, dass

$$\frac{dQ}{\vartheta} = \frac{dU}{\vartheta} + \frac{p\,dv}{\vartheta}$$

ein vollständiges Differential ist, wozu er zwei Wege einschlägt.

Erstens stellt er die äussere Arbeit in irgend einem umkehrbaren Kreisprocesse durch eine ebene Fläche dar, die er sich in unendlich schmale Carnot'sche Kreisprocesse zerlegt denkt, und folgert für jeden von diesen die Entropiegleichung analog wie für den endlichen Carnot'schen Process.

Ein im wesentlichen gleiches Verfahren zur Ableitung der genannten Gleichung wird auch von den meisten anderen Autoren angewendet.

Hiergegen bemerke ich Folgendes:

1. Wenn diese Ableitung richtig ist, so muss sie offenbar sofort für jeden Kreisprocess gelten, der den beiden Bedingungen genügt, dass das Differential seiner Arbeit den Ausdruck $p\,dv$ hat, und dass die Temperaturen des veränderlichen Körpers

---

1) Man vgl. diese Verhandl. vom 6. Mai und 3. Juni 1892.

2) Die Einwendungen von Clausius gegen Hrn. Zeuner's Methode halte ich für durchaus begründet.

für diejenigen der Wärmequellen, die CLAUSIUS in den Ausdruck der Entropie aufnimmt, gesetzt werden können. Ist die zweite Bedingung nicht erfüllt, ein Punkt, den ich weiter unten erörtern werde, so würde sie doch, wie ich bereits in meinem vorigen Vortrage hervorgehoben habe, auf alle zwischen Gleichgewichtszuständen stattfindenden Vorgänge zu übertragen sein, wenn als Temperaturen der Entropie, die mittleren des veränderlichen Körpers gewählt werden.

Um daher auf dem vorliegenden Wege die Beschränkung der Entropiegleichung auf die umkehrbaren Vorgänge zu rechtfertigen, war jedenfalls zu beweisen, dass nur in diesen die genannten beiden Bedingungen erfüllt sind, was meines Wissens nirgends geschehen ist.[1]) Vielmehr können z. B. in den nichtumkehrbaren mit Reibung verbundenen Vorgängen die Temperaturen der Wärmequellen und des veränderlichen Körpers gleich sein, und auch die Arbeit hat in ihnen den geforderten Ausdruck, indem die Reibung als eine Widerstandskraft aufgefasst werden kann, die auf einer gewissen Strecke zu überwinden ist. Dass die Reibung keine Spannkraft des veränderlichen Körpers ist, kommt dabei nicht in Betracht; weil die Qualität der Kräfte, wogegen die äussere Arbeit aufgewendet wird, gleichgültig ist, wenn letztere nur die angegebene Form hat, und weil die Hülle, wenn sie durch Reibung oder andere Ursachen Zustandsänderungen erleidet, zu dem veränderlichen Körper zu rechnen ist. In Kreisprocessen wird die Reibungsarbeit, da sie sich in moleculare Energie umsetzt, überhaupt Null.

2. Man kann wohl einen CARNOT'schen Process aus endlichen adiabatischen Linien und beliebig kurzen Isothermen construiren, geht man aber zu Isothermendifferentialen über, so liegt in der Annahme, dass sie zwischen adiabatischen Linien liegen, eine fehlerhafte Ueberbestimmung.

Für die adiabatische Aenderung eines Gases zwischen den Temperaturen ϑ_1, ϑ_2 und den Volumen v_1, v_2 ist

$$\frac{\vartheta_2}{\vartheta_1} = \frac{v_1^{\varkappa-1}}{v_2^{\varkappa-1}},$$

1) Auch die bezüglichen Bemerkungen in POINCARÉ, „Thermodynamique". Paris 1892, p. 210, enthalten nur Behauptungen.

worin $\varkappa$ den Quotienten der beiden specifischen Wärmen bezeichnet. Würde eine zweite, der ersteren unendlich nahe adiabatische Aenderung von denselben Temperaturen begrenzt, so wäre auch

$$\frac{v_1^{\varkappa-1}}{v_2^{\varkappa-1}} = \frac{(v_1 + d\,v)^{\varkappa-1}}{(v_2 + d\,v)^{\varkappa-1}},$$

woraus durch binomische Entwickelung und Vernachlässigung der unendlichen kleinen Grössen höherer Ordnung $v_1 = v_2$ folgt. Die Verbindungslinien zwischen den Isothermen-Differentialen sind also nicht adiabatisch. Oder: für zwei bestimmte isotherme Aenderungen ist $d\,Q_1 = R\,\vartheta_1\,(d\,v\,/\,v_1)$, $d\,Q_2 = R\,\vartheta_2\,(d\,v\,/\,v_2)$. Soll nun $d\,Q_1\,/\,\vartheta_1 = d\,Q_2\,/\,\vartheta_2$ sein, so folgt wiederum $v_1 = v_2$.

Man darf eben den CARNOT'schen Satz nicht allgemein umkehren: Wenn zwei Isothermen von zwei adiabatischen Linien begrenzt werden, so verhalten sich die dem veränderlichen Körper auf den ersteren zugeführten Wärmemengen wie ihre Temperaturen; hieraus folgt aber nicht, dass immer, wenn dieses Verhältniss für sie stattfindet, die beiden Isothermen von adiabatischen Linien begrenzt werden.

3. CLAUSIUS lässt den veränderlichen Körper einen unendlich schmalen Kreisprocess durchlaufen, sodass die Aenderung seiner inneren Energie, die bei einem derartigen Vorgange $d\,U$ ist, Null wird, und nimmt dann für ihn auf Grund des für den endlichen CARNOT'schen Process Festgestellten eine Gleichung von der Form $d\,Q_1\,/\,\vartheta_1 + d\,Q_2\,/\,\vartheta_2 = 0$ an. Letztere würde also auf alle Fälle nur unter der Voraussetzung $d\,U = 0$ oder $U =$ const. entwickelt sein, und es würde demnach so nicht die allgemeine Differentialgleichung der Entropie, sondern nur die Gleichung $d\,Q\,/\,\vartheta = p\,d\,v\,/\,\vartheta$ zu erhalten sein. Für Gase ist aber $p\,d\,v / \vartheta = R\,d\,v / v$ das Differential einer Function von v allein, sodass auf dem vorliegenden Wege über die Darstellbarkeit der Entropie durch eine Function von mehreren unabhängig Veränderlichen kein Aufschluss erhalten wird. Diesem Mangel wird abgeholfen, wenn man an Stelle der gegebenen Curve, die einen Vorgang zwischen Gleichgewichtszutänden darstellt, Elemente von Isothermen und Aenderungen bei constantem Volumen setzt. Wird die dem veränderlichen Körper zugeführte Wärme für die ersteren mit $d\,Q'$, für die letzteren mit $d\,Q''$ bezeichnet, so sind für Gase



$$\frac{d\,Q'}{\vartheta} = \frac{p\,d\,v}{\vartheta} = R\,d\,v/v$$

und

$$\frac{d\,Q''}{\vartheta} = \frac{d\,U}{\vartheta} = c_v \frac{d\,\vartheta}{\vartheta},$$

worin c_v die constante specifische Wärme bei constantem Volumen bedeutet, zu integriren, und man erhält die Gleichung

$$\frac{d\,Q'}{\vartheta} + \frac{d\,Q''}{\vartheta} = \frac{d\,Q}{\vartheta} = \frac{d\,U}{\vartheta} + \frac{p\,d\,v}{\vartheta}.$$

Denn für die ϑ der unendlich kleinen Aenderungen bei constantem Volumen können diejenigen der ihnen unmittelbar benachbarten Isothermendifferentiale gesetzt werden.

Für Kreisprocesse mit beliebigem Hin- und Rückgange wird dann $\int d\,U/\vartheta = 0$, weil $c_v d\,\vartheta$ und somit auch $c_v d\,\vartheta/\vartheta$ ein vollständiges Differential ist; und ebenso wird für sie auch $\int p\,d\,v/\vartheta = 0$, weil zufolge der oben (Nr. 2 a. E.) angeführten Formel für zwei Isothermen ϑ_1, ϑ_2, die zwischen zwei einander unendlich nahen Aenderungen bei constantem Volumen liegen, dem absoluten Betrage nach $d\,Q_1/\vartheta_1 = d\,Q_2/\vartheta_2$ ist. So ergibt sich die Gleichung $\int d\,Q/\vartheta = 0$ zunächst für Gase unabhängig von den besonderen Bedingungen des Carnot'schen Kreisprocesses. Ihre Geltung für Kreisprocesse anderer Körper kann dann wie in meinem vorigen Vortrage[1]) gefolgert werden.

Zweitens sucht Clausius den Entropiesatz mittels seiner Theorie der Verwandlungswerthe zu gewinnen. Da die von mir hiergegen erhobenen Einwendungen zum Theil Missverständnissen begegnet sind, seien noch einige Bemerkungen verstattet.

Soll $d\,Q/\vartheta$ das Differential der Entropie sein, so muss es jedenfalls integrirbar sein, weil ein nicht integrirbarer Ausdruck keinen physikalischen Sinn hat. Zu bestimmen bleibt aber, ob es als das vollständige Differential einer Function von mehreren unabhängig Veränderlichen oder nur als das Differential nach einer einzigen unabhängig Veränderlichen aufzufassen ist. Hierüber gibt Clausius keinen Aufschluss.

Er nimmt von vornherein ohne jeden Beweis an, dass man für beliebige Körper aus einer Anzahl Differentiale $d\,Q/\vartheta$ einen Kreisprocess bilden kann, worin $\int d\,Q/\vartheta = 0$ ist.[2]) Dadurch ist aber sofort die Vollständigkeit aller der Differen-

1) Vgl. l. c. p. 45.

2) Vgl. Mech. Wärmetheorie **1.** 1876, p. 102, Z. 8 v. u. ff. und p. 107, § 6, und ebenso in der früheren Aufl. **1.** 1864, p. 141 ff.

tiale dQ/ϑ, die einander formell gleich sind, gesetzt. Wenn er also auf Grund dieser Annahme schliesst, dass $\int dQ/\vartheta$, für sämmtliche Differentiale genommen, erstens in einem umkehrbaren Kreisprocesse Null ist und zweitens in einem nicht umkehrbaren Kreisprocesse kleiner als Null sein kann; so ist das erste offenbar nichts als ein Cirkelschluss und das zweite ein Widerspruch mit sich selbst, da nach der Annahme das Differential vollständig ist und infolge der Ungleichung vom Wege abhängig wäre.

Ich will jetzt einen allgemeinen Satz entwickeln, von dem die Entropiegleichung nur ein besonderer Fall ist.

Nach dem Princip von der Erhaltung der Energie ist jede Energieänderung durch eine mechanische Arbeit zu messen. Letztere kann aber zerlegt werden in eine Summe von Arbeiten von Massenelementen.

Demnach kann jede Energieänderung eines Körpers in Bezug auf ihren Arbeitswerth als eine Summe von Arbeitsänderungen seiner Massenelemente dargestellt werden. Die mechanische Arbeit eines Massenelementes kann aber bestehen in Arbeit bei Volumenänderungen und in Arbeit bei Verschiebung seines Schwerpunktes. Letztere kann man sich wiederum hervorgebracht denken durch die Druck und Volumenänderungen anderer Massenelemente: folglich sind sämmtliche Energieänderungen eines Körpers durch Druck und Volumenänderungen seiner Massenelemente zu messen. Setzt man für die inneren und äusseren Arbeitsänderungen der einzelnen Massenelemente eines Körpers Mittelwerthe und summirt über alle, so erhält man also die Gleichung $dQ = dU + p\,dv$ als Arbeitsmaass für irgend eine unendlich kleine Energieänderung eines Körpers, indem nach dem Vorstehenden Schwerpunktsverschiebungen eine analoge Gleichung ergeben. Dabei ist es gleichgültig, ob die thatsächliche Energieänderung mit lebendiger Kraft und zwischen Gleichgewichtszuständen erfolgt oder nicht, da sie jedenfalls ein Arbeitsmaass hat, das lebendige Kraft nicht als solche sondern nur ihrem Arbeitswerthe nach enthält.

Es bezeichne nun ϱ den mittleren Arbeitswerth der Intensität, d. h. des in der Masseneinheit enthaltenen Betrages der sich ändernden Energie, so ist

$$\frac{dQ}{\varrho} = \frac{dU}{\varrho} + \frac{p\,dv}{\varrho}$$

ein vollständiges Differential. Denn ϱ ist eine Function von U. Ist nämlich von dem veränderlichen Körper die Masseneinheit vorhanden, wie der Einfachheit wegen angenommen sei, so ist $\varrho = U$ und andernfalls ist es ein constantes Vielfaches von U. Ferner ist dU für sich ein vollständiges Differential. Folglich ist erstens auch dU / ϱ ein solches. Um zu zeigen, dass $p\,dv / \varrho$ integrirbar ist, bestimme ich die Form der Function ϱ. $dU = d\varrho$ ist die Summe der Arbeiten, die dem veränderlichen Körper zu einer unendlich kleinen Volumenänderung bei constantem Druck und zu einer unendlich kleinen Druckänderung bei constantem Volumen zuzuführen sind. Demnach ist $d\varrho = p\,dv + v\,dp$ und $\varrho = pv$, indem die Integrationsconstante gleich Null gesetzt werden kann. Hieraus folgt zweitens, dass auch $p\,dv / \varrho = 1 / v\,dv$ zu integriren ist. Also ist, wie behauptet, dQ / ϱ ein vollständiges Differential. Die Grössen dU / ϱ, $p\,dv / \varrho$ sind die auf die Einheit der Intensität reducirten Energieänderungen in Arbeitsmaass. Berücksichtigt man ferner, dass für ein abgeschlossenes System $dQ = dQ / \varrho = 0$ ist, so ergibt sich der Satz:

Die Quantität jeder beliebigen, auf die Einheit ihrer Intensität reducirten Energieänderung eines Massensystemes ist durch ihren Anfangs- und Endwerth vollständig bestimmt.

Nach dem Vorstehenden kann an die Stelle des gegebenen Massensystemes zur Messung seiner Energieänderung ein solches gesetzt werden, das nur Arbeit enthält. Ebensowohl kann dazu aber auch ein System gewählt werden, das nur Wärme enthält. Alsdann ist, wie die vollkommenen Gase zeigen, ϱ proportional ϑ, und man erkennt auch die allgemeine Geltung der Entropiegleichung, die so ohne Hülfe des Clausius'schen Grundsatzes abgeleitet ist, über den ich ein anderes Mal sprechen werde. In den Ausdruck der Entropie sind hier die mittleren Temperaturen des veränderlichen Körpers, nicht die der Wärmequellen eingeführt; der Unterschied ist jedoch principiell nicht wesentlich. Bedeutet ϑ die mittlere Temperatur des veränderlichen Körpers, so ist dQ / ϑ immer ein vollständiges Differential, wie hier durch die Zerlegung einer beliebigen Curve in isotherme und Aenderungen bei constantem Volumen und allgemeiner durch die vorstehenden Erörterungen bewiesen

wurde. Die absoluten Temperaturen der Wärmequellen können aber durch Werthe der Function $\vartheta = f(v, p)$ ausgedrückt werden, die die mittlere absolute Temperatur des veränderlichen Körpers darstellt. Ist nun erstens ein Vorgang gegeben, dessen obere und untere Grenze voneinander verschieden sind, und es sind für diese Grenzen die Temperaturen des veränderlichen Körpers und der Wärmequellen gleich, so wird durch Einsetzen der letzteren statt der ersteren das vom Wege unabhängige Integral $\int dQ / \vartheta$ nicht geändert. Sind sie dagegen ungleich, so kommt das nur für die Grenzen des Integrals in Betracht. Ist zweitens ein Kreisprocess gegeben, so müssen p und v in seinem Anfangs- und Endpunkte dieselben Werthe haben, und folglich müssen, wegen $\vartheta = f(v, p)$, die Temperaturen der Wärmequellen, mit denen der veränderliche Körper in diesen beiden Punkten in Berührung ist, wenn sie in den Ausdruck der Entropie aufgenommen werden, gleich sein. Also fallen auch bei Einsetzung der Temperaturen der Wärmequellen die obere und untere Grenze des Entropieintegrals zusammen, während dessen Integral nach dem vorher Bemerkten vollständig bleibt; es ist daher auch dann Null.

Das Vorstehende ist auch gegen die Ausführungen geltend zu machen, wodurch VERDET die CLAUSIUS'sche Ungleichung zu begründen sucht.[1]) Sind in einem Kreisprocesse die Temperaturen der Wärmequellen von denen des veränderlichen Körpers verschieden und werden die ersteren statt der letzteren in die Entropie eingesetzt, so soll dadurch der absolute Betrag der $-dQ / \vartheta$ grösser, der der $+dQ / \vartheta$ kleiner werden. Ist ferner in Kreisprocessen Reibung oder lebendige Kraft vorhanden, so soll dadurch ebenfalls der absolute Betrag der $-dQ / \vartheta$ vergrössert werden. In allen den genannten Fällen wäre also $\int dQ / \vartheta < 0$. Das Differential wäre demnach in ihnen vom Wege abhängig, wogegen es nach dem Obigen für beliebige dQ und ϑ vollständig bleibt. Zu fragen ist auch, wie denn das vom Wege abhängende dQ, wenn für $\vartheta = f(v, p)$ durch Einsetzen der Temperaturen des veränderlichen Körpers oder der Wärmequellen verschiedene Wege angenommen werden, allgemein ungeändert bleiben kann, was doch nothwendig ist, damit

1) VERDET, Théorie méc. d. l. chaleur. 1. p. 188 ff. Paris 1868.

die dQ / ϑ, die die absolute Temperatur der Wärmequellen und diejenigen, die die absolute Temperatur des veränderlichen Körpers enthalten, in Bezug auf ihre Grösse zu vergleichen sind.

Die Umkehrbarkeit der Zustandsänderungen hat sich in den obigen allgemeinen Erörterungen als unwesentlich herausgestellt. In Wahrheit bezieht sie sich auch auf die Qualität, nicht auf die Quantität der Energie. Auch ist die ursprüngliche Bedingung die, dass das Arbeitsdifferential die Form $p\,dv$ hat: wenn der Vorgang umkehrbar ist, so wird sie erfüllt; aber es folgt nicht umgekehrt, dass immer, wenn sie erfüllt wird, der Vorgang umkehrbar ist.

Hr. **M. Planck** bemerkte, dass er, im Gegensatz zu dem Hrn. Vortragenden, bei der Prüfung der Clausius'schen Beweisführung keine wesentliche Lücke gefunden hat, dass er aber bei der Verschiedenheit der Ausgangspunkte eine mündliche Verständigung für aussichtslos hält, und beschränkt sich daher auf die Berührung einiger ihm aus dem Vortrage gerade im Gedächtniss gebliebenen Punkte.

Hr. **E. O. Erdmann** berichtet dann

Ueber eine auffällige Oxydationserscheinung des reinen Aluminiums bei Berührung mit Quecksilber.

Sobald eine wirkliche Berührung beider Metalle stattfindet, sieht man schneeweisse fadenförmige auch halmartig gekrümmte Gebilde von den Berührungsstellen der beiden Metalle fortwachsen, welche in einigen Minuten eine Länge von 2 und 3 Centimeter erreichen. Unter dem Mikroskop erscheinen sie als röhrenförmige oder flächenförmige Schleier von ungemeiner Zartheit und völlig amorph. Fallen sie beim Schütteln oder Klopfen ab, so sehen sie wie Charpie aus. Die chemische Untersuchung ergibt, dass sie aus reinem Thonerdehydrat bestehen.

Für die Entstehung dieser Oxydationsgebilde ist es gleichgültig, ob die Berührung der Metalle durch Reiben derselben bewirkt ist, oder durch Reinigung der Oberflächen mit Salzsäure oder mit Natronlauge, nachträgliches Waschen mit vielem Wasser und Trocknen mit Fliesspapier.

Als Grund dieser eigenthümlichen Oxydation könnte angegeben werden:

1. die Bildung eines leicht oxydirbaren Aluminiumamalgams, welches sich an der Berührungsstelle der Metalle in dem Maasse immer wieder bildet, als das Aluminium in der feuchten Luft sich oxydirt.

2. die electrolytische Zersetzung einer dünnen Wasserschicht, welche an der Oberfläche der beiden ein galvanisches Element bildenden Metalle condensirt ist.

3. dass das sehr electropositive Aluminium durch den Contact mit dem Quecksilber eine grössere Affinität zum Sauerstoff erlangt, in ähnlicherweise wie nach MAGNUS' Versuchen die am Magneten hängende Eisenfeile.

Sitzung vom 18. November 1892.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **F. Neesen** sprach:

Ueber photographische Darstellung der Geschosspendelung.

Das in diesen Verhandlungen vom Jahre 1888 p. 197 angegebene Verfahren, die Geschossbewegung photographisch zu fixiren, ist Dank dem Entgegenkommen der Kgl. Preuss. Artillerie-Commission in den letzten Jahren auf dem Schiessplatze zu Cummersdorf praktisch ausgeführt worden.

Bei der einen Ausführungsform befand sich im Kopfe des Geschosses, der abschraubbar war, auf einer festen Hinterlagplatte paralell der Geschosswand eine photographische Gelatineplatte, welcher gegenüber in der Geschosswand eine Oeffnung von 0,5 mm Durchmesser angebracht war. Bei einer zweiten Einrichtung wurde in den mittleren Theil des Geschosses zwischen zwei Verschlussböden eine Stahlscheibe parallel der Geschossaxe gelagert, welche Scheibe gleichfalls die erwähnten Gelatineplatten trug. Der Mitte derselben gegenüber hatte die Geschosswandung wieder eine kleine Oeffnung zum Einlassen der Sonnenstrahlen. Das Geschütz wurde so gerichtet, dass die Sonnenstrahlen auf den photographischen Platten kleine Sonnenbilder bildeten. Bei jeder Umdrehung zeichneten dieselben einen

Ellipsenzug. Mit der Drehung der Geschossaxe ändert sich die Lage desselben; aus der Entfernung der gezeichneten Spur von der Mitte der Platte und dem Abstand der Platte von der Lichtöffnung lässt sich der Winkel zwischen Geschossaxe und Sonnenstrahl berechnen. Um hieraus weiter die Drehung ersterer um die Vertikale und Horizontale zu bestimmen, müssen die Zeichnungen von zwei Schüssen kombinirt werden, welche unter denselben ballistischen Bedingungen mit verschiedener Richtung gegen den Sonnenstrahl abgegeben werden. Das Geschoss war eine 15 cm Granate von 39,5 kg Gewicht. Die Anfangsgeschwindigkeit betrug ungefähr 200 m. Es waren somit die Bedingungen für eine sehr starke konische Pendelung gegeben.

Die zu erwartenden Ellipsenzüge ergaben sich bei den vielfachen Versuchen in sehr ausgeprägter Zeichnung. Dass das diffus einfallende Tageslicht die Zeichnung nicht störte, zeigen vor allem Platten, welche beim Aufschlagen auf dem Boden etwa $^1/_2$ Stunde lang liegen geblieben waren, so dass eine der Oeffnungen frei dem diffussen Tageslicht ausgesetzt blieb. Es bildete sich auf einer solchen Platte das Bild des umgebenden Waldes durchzogen von den während der Geschossbewegung entstandenen elliptischen Curven. Bei einigen Platten erschienen die Curvenzüge theilweise weiss statt geschwärzt, als weiteres Beispiel für die wohlbekannte Erfahrung, dass von momentanen Lichteindrücken getroffene Stellen bei weiterer Belichtung hell ausfallen. Stellenweise zeigen einzelne Curven Unterbrechungen; dieselben wurden dadurch gebildet, dass das Geschoss an Baumstämmen vorbei flog und letztere die Sonnenstrahlen abhielten.

Die Curvenzüge sind anfänglich nicht genaue Ellipsen, weil während der einzelnen Umdrehung die Geschossaxe erheblich schwankt. Diese Verschiedenheit in der Führung der einzelnen Linien kann benutzt werden um die zeitliche Aufeinanderfolge derselben zu bestimmen.

Zur Berechnung mussten zunächst die bei den beiden Ergänzungsschüssen gleichen Phasen der beiden Schüsse entsprechenden Linien herausgesucht werden. Für die ersten Bewegungen nach dem Verlassen der Geschossmündung ergab der eben erwähnte Zug der Linien hierzu hinreichenden Anhalt; für die weiteren geringeren Schwankungen musste die gleiche

örtliche Aufeinanderfolge auf den beiden Platten als maassgebend angenommen werden. Erschwert wird die Auswahl dadurch, dass, wie es ja auch von vornherein anzunehmen ist, der Lichtstrahl über die Platte hin und her wandert. Die aus diesen zusammengehörenden Linien berechneten Schwankungen um einer Horizontal- bez. Vertikalachse sind auf Coordinatenpapier aufgetragen und unter den so erhaltenen Punkten die wahrscheinliche zeitliche Aufeinanderfolge aufgesucht. Auch hierzu gibt zunächst der erwähnte Zug der Linien Anhalt, für die späteren Bewegungen enthält diese Auswahl in gewissen Grade Willkürlichkeiten. Bei den Schüssen auf etwa 200 m ist die zeitliche Aufeinanderfolge der scharf von einander zu unterscheidenden Linien sicher.

Es ergibt sich nun übereinstimmend zunächst eine ausserordentlich starke Drehung der Geschossaxe sowohl um die Vertikal- wie um die Horizontalaxe. Im Verlaufe von ungefähr 11—12 Umdrehungen der Geschossaxe beschreibt die Geschossspitze eine Umdrehung; die starke Bewegung der Geschossaxe hält während etwa zwei dieser Umdrehungen an, dann werden die Schwankungen der Geschossaxe geringer, die Linien gaben eine fortwährende starke Senkung an, so dass darnach die Axe bald unter die Tangente der Flugbahn zu liegen kam. Eine Umdrehung wird auch in diesem weiteren Verlauf während der Zeit von etwa 12 Umdrehungen des Geschosses zurückgelegt. Die Ausschläge in vertikalem wie in horizontalem Sinne betrugen bis 80°.

Mit den Folgerungen, welche sich aus der üblichen Annahme einer Constanz des Luftwiderstandsmomentes ergeben, ist diese starke und rasch verlaufende Umdrehung der Geschossspitze nicht vereinbar.

Wenn für den Luftwiderstand ein Moment angenommen wird, welches sich auch wegen der Veränderlichkeit des Armes fortwährend ändert, so muss dieses Moment periodisch veränderlich sein, ebenso wie die Winkelgeschwindigkeiten des Geschosses um zwei senkrecht zur Geschossaxe stehende Axen, welche Winkelgeschwindigkeiten sich in den Umdrehungen der Geschossspitze zeigen. Zwischen den Perioden dieser Winkelgeschwindigkeit und denen des Luftwiderstandsmomentes ist jedenfalls eine Beziehung anzunehmen.



Unter dieser Voraussetzung lässt sich ein particuläres Integral der entsprechenden EULER'schen Gleichungen angeben, welches, wenn es durch die Versuche der Wirklichkeit entsprechend nachgewiesen wird, erlaubt, aus der Amplitude und Periode der Spitzenumdrehung das Gesetz des Luftwiderstandes zu ermitteln.

Wird die Winkelgeschwindigkeit um die Längsachse mit φ_0, die um zwei senkrecht dazu stehende Axen durch den Schwerpunkt mit φ_1 und φ_2 bezeichnet, ist b eine von den Trägheitsmomenten um diese Axe abhängige Constante, und w das Luftwiderstandsmoment, so können die EULER'schen Gleichungen in folgende Form gebracht werden:

$$\frac{d\varphi_1}{dt} = w - b\,\varphi_0\,\varphi_2$$

$$\frac{d\varphi_2}{dt} = b\,\varphi_0\,\varphi_1.$$

Daraus folgt:

$$\frac{d^2\varphi_2}{dt^2} = b\,\varphi_0\,w - b^2\,\varphi_1\,\varphi_2^{\,2}.$$

Setzt man nun als particuläres Intergral:

$$w = g(t) + a\,e^{imt}$$

$$\varphi_2 = f(t)\,e^{int}$$

so ergibt sich

$$\varphi_2 = \frac{b\,\varphi_0\,q}{b^2\,\varphi_0^{\,2} - m^2}(1 + \cos mt)$$

$$\varphi_1 = -\frac{m\,q}{b^2\,\varphi_0^{\,2} - m^2}\sin mt$$

$$w = a\left\{\frac{b^2\,\varphi_0^{\,2}}{b^2\,\varphi_0^{\,2} - m^2} + \cos mt\right.$$

Die vorhandenen Versuche reichen nicht aus, um diese Gleichungen zu prüfen.

Der ausführlichere Aufsatz mit Wiedergabe der erhaltenen Zeichnungen ist in dem October-November Hefte 1892 des Archives für Artillerie und Ingenieur-Wissenschaften enthalten.

Geschenke.

P. Bachmetjew. Einige Erscheinungen des remanenten Magnetismus. S.-A. Exner's Rep. Bd. 27. 1891.

— Magneto-thermoelectrische Untersuchungen. S.-A. Exner's Repert. Bd. 27. 1891.

— Entstehungsursache des Tones, welcher unter dem Einflusse der intermittirenden Magnetisirung in magnetischen Metallen erzeugt wird. S.-A. Exner's Rep. Bd. 26. 1890.

— Thermoelectrische Untersuchungen (russisch).

C. Tillmann. Beobachtungen über Gewitter in Bayern, Württemberg, Baden und Hohenzollern während des Jahres 1891. — C. Lang. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter in Süddeutschland während des Jahres 1891. — F. Erk. Eine Windhose zwischen Gewitterwolken. — F. Lingg. Meteore und Erdbeben im Jahre 1891. S.-A. Beobachtungen der meteorologischen Stationen im Königr. Bayern, hrsg. von C. Lang und F. Erk. Bd. 13. Jahrg. 1891.

W. Boedl. Temperaturmittel für Bayern 1881—1890. S.-A. Beobachtungen der meteorologischen Stationen im Königr. Bayern, hrsg. von C. Lang u. F. Erk. Bd. 13. Jahrg. 1891.

— Die Schneedecke in Bayern im Winter 1890/91. S.-A. Beobachtungen der meteorologischen Stationen im Königr. Bayern, hrsg. von C. Lang und F. Erk. Bd. 13. Jahrg. 1891.

H. v. Helmholtz. Das Princip der kleinsten Wirkung in der Electrodynamik. S.-A. Sitzungsber. d. Berl. Akad. 12. Mai 1892.

A. Breuer. Imaginäre Kegelschnitte. Erfurt. 1892. B. Bacmeister.

— Die einfachste Lösung des Apollonischen Tactionsproblems. Erfurt. 1892. B. Bacmeister.

— Die goniometrischen Functionen complexer Winkel. Erfurt. 1892. B. Bacmeister.

— Die Logarithmen complexer Zahlen in geometrischer Darstellung. Erfurt. 1892. B. Bacmeister.

— Ueber Conographie. Erfurt. 1892. B. Bacmeister.

George E. Hale. Solar Photography at the Kenwood Astro-Physical Observatory. S.-A. Astronomy and Astro-Physic Nr. 105.

H. Kayser und C. Runge. Ueber die Spectren der Elemente. Fünfter Abschnitt. S.-A. Abhandl. der Berl. Akad. Berlin. 1892.

M. Wien. Das Telephon als optischer Apparat zur Strommessung II. — Messung der Inductionsconstanten mit dem „optischen Telephon". S.-A. Wied. Ann. Bd. 44. 1891.

P. Schottländer. Untersuchungen über die Metalle der Cer-Gruppe. S.-A. Ber. der deutschen chem. Gesellsch. XXV.

H. v. Helmholtz. Kürzeste Linien im Farbensystem. S.-A. Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorg. Bd. 3.

W. M. L. Puffer. An experimental study of the waste field of dynamos S.-A. Technology Quarterly Vol. IV Nr. 3.

E. L. Nichols and W. S. Franklin. An experiment bearing upon the question of the direction and velocity of the electric current. S.-A. Sill. Journ. Vol. 37. 1889.

— — The electromotive Force of Magnetization. S.-A. Sill. Journ. Vol. 35. 1888.

— — A Spectro-photometric comparison of sources of artificial illumination. S.-A. Sill. Journn. Vol. 38. 1889.

H. Poincaré. Electricität und Optik. Autorisirte deutsche Ausgabe von W. Jäger u. E. Gumlich. Berlin. J. Springer. Bd. 1. 1889. Bd. 2. 1892.

H. v. Helmholtz. Handb. der physiol. Optik. 6. u. 7. Liefg. Hamburg und Leipzig. 1892. L. Voss.

G. Pizzighelli. Handbuch der Photographie. Bd. 2. Die photographischen Processe für Amateure und Touristen. Halle a. S. 1892. W. Knapp.

H. Wilde. On the origin of elementary substances and on some new relations of their atomic weights. S.-A. Manchester Litt. and Phil. Soc. Vol. 17. April 1878. Memoirs of the Soc. Vol. 9. 1883. Vol. 10. 1887. (Eine deutsche Uebersetzung der Abhandlung ist angeheftet).

Verhandlungen der vom 8. bis 17. October 1891 zu Florenz abgehaltenen Conferenz der permanenten Commission der internationalen Erdmessung. Mit 4 lith. Tafeln. Berlin. 1892. G. Reimer.

B. Schwalbe. Ueber den Umfang der physikalischen Fachlitteratur und die Mittel, dieselben allgemein und leicht zugänglich zu machen.

H. v. Helmholtz. Das Princip der kleinsten Wirkung in der Electrodynamik. S.-A. Wied. Ann. Bd. 47. 1892.

O. T. Christensen. Rhodanchromammoniakforbindelser. S.-A. Vidensk. Selsk. Skr. 6. R. naturw. og math. Afd. VII. 5. Kjobenhavn 1891.

Memorial of Joseph Lovering (American Academy of Arts and Sciences). Cambridge 1892). John Wilson and Sons.

J. G. MacGregor. On the graphical treatment of the inertia of the connecting rod. S.-A. Trans. Nova Scotian Institute of Science. Ser. 2. Vol. I.

W. Winter. Grundriss der Mechanik und Physik. Mit 235 Abbildgn. München. 1892. Th. Ackermann.

E. Wiedemamn und H. Ebert. Ueber electrische Entladungen. 2. Abh. S.-A. Sitzungsber. der physik.-med. Societät zu Erlangen. 8. Febr. 1892.

E. Pringsheim. Das Kirchhoff'sche Gesetz und die Strahlung der Gase. S.-A. Wied. Ann. Bd. 45.

— Argandlampe für Spectralbeobachtungen. S.-A. Wied. Ann. Bd. 45.

W. Wien. Ueber den Begriff der Localisirung der Energie. S.-A. Wied. Ann. Bd. 45.

W. v. Bezold. Zur Thermodynamik der Atmosphäre. 4. Mittheilung. Berl. Ber. 7. April 1892.

E. Riecke. Wilhelm Weber (geb. 24. Oct. 1804, gest. 23. Juni 1891). Rede, gehalten in der öffentlichen Sitzung der königl. Gesellschaft der Wissenschaften am 5. Dec. 1891. Göttingen. 1892. Dieterich'sche Verlagsbuchhandlung.

E. Gerland. Geschichte der Physik. Leipzig. 1891. J. J. Weber. (Weber's naturwissenschaftl. Bibliothek. Nr. 4.)

G. Krüss. Specielle Methode der Analyse. Anleitung zur Anwendung physikalischer Methoden in der Chemie. Hamburg u. Leipzig. 1892. Leopold Voss.

K. Ångström. Untersuchungen über die spectrale Vertheilung bei Absorption im ultrarothen Spectrum. S.-A. Physik. Revue. Bd. 1. 1892.

J. G. MacGregor. On the Density of Weak Aqueous Solutions of Nickel Sulphate. S.-A. Trans. Roy. Soc. Canada Sect. III. 1891.

— On the Variation with Temperature and Concentration of the Absorption Spectra of Aqueous Solutions of Salts. S.-A. Trans. Roy. Soc. Canada Sect. III. 1891.

H. Kayser und C. Runge. Ueber die Spectren der Elemente. 6. Abschnitt. S.-A. Abhandl. der Berl. Akad. vom Jahre 1892. Mit 1 Tafel. Berlin. 1892.

C. Brendel. Ueber Kältemischungen. Inaug.-Diss. Basel. 1892.

F. Lingg. Unsichtbare Vorgänge in der Natur. (S.-A. „Natur“ Nr. 43—47.) Halle. 1892.

E. Schumann. Geschichte der naturforschenden Gesellschaft in Danzig 1743—1892. Festschrift zur Feier des 150jährigen Bestehens der Gesellschaft. (Schriften der Naturforsch. Gesellsch. in Danzig. N. F. Bd. 8. Heft 2.) Danzig. 1893.

F. Müller. Zeittafeln zur Geschichte der Mathematik, Physik und Astronometrie bis zum Jahre 1500. Leipzig. 1892. B. G. Teubner.

A. König und C. Dieterici. Die Grundempfindungen in normalen und anormalen Farbensystemen und ihre Intensitätsvertheilung im Spectrum. Hamburg. Voss. 1892. (Sonderausgabe aus der Zeitschr. für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane. Bd. 4.)

G. E. Hale. A remarkable Solar Disturbance. S.-A. Astronomy and Astro-Physics. Nr. 107.

— Photographs of Solar Phenomena. S.-A. Astronomy and Astro-Physics. Nr. 107.

— The ultra-violet Spectrum of the Solar Prominences. S.-A. Astronomy and Astro-Physics. Nr. 107.

A. Oberbeck. Ueber das Verhalten des allotropen Silbers gegen den electrischen Strom. S.-A. Wied. Ann. Bd. 47.

— Apparat zur Demonstration der Wheatstone'schen Brückenanordnung. S.-A. Wied. Ann. Bd. 47.

K. Ångström. Bolometrische Untersuchungen über die Stärke der Strahlung verdünnter Gase unter dem Einflusse der electrischen Entladung. S.-A. Nova Acta Reg. Soc. Upsala. Ser. III.

Jahrg. 11. **Nr. 8.**

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 2. December 1892.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **H. E. J. G. du Bois** berichtet über eine von Hrn. **Shea**

Ueber die Brechung und Dispersion in Metallen

angestellte Untersuchung.

Sitzung vom 16. December 1892.

Vorsitzender: Hr. A. KUNDT.

Hr. **O. Lummer** sprach

Ueber das photometrische Princip bei Halbschatten-apparaten

und begleitete seinen Vortrag mit einigen Demonstrationen.

Hr. **E. Goldstein** trug dann vor:

1. Ueber eine Eigenschaft der Anode GEISSLER'scher Röhren.

Während eine grosse Anzahl von Eigenschaften der Kathode inducirter Entladungen in evacuirten Räumen ermittelt ist, kennt man nur äusserst wenige Eigenschaften der Anode. Die nachfolgende Mittheilung soll eine neue Eigenschaft der Anode beschreiben. Wenn ein Entladungsgefäss, z. B. mit an den Enden einander gegenüberstehenden Electroden, eine gewisse Weite überschreitet, so reducirt sich bei zunehmender Evacuirung das positive Licht, wenn es nicht ganz verschwindet, auf eine dünne Haut an der Oberfläche der Anode, die Anode „glimmt“. Die Farbe dieser Lichthaut ist in verdünnter Luft, die als Medium dieser Versuche vorausgesetzt wird, pfirsichblüthfarben. Ist eine Electrode aus Stücken verschiedener Metalle zusammengesetzt, benutzt man z. B. eine Kreisscheibe, die zur Hälfte aus Aluminium, zur Hälfte aus Silber besteht,

so verbreitet das Kathodenlicht sich im allgemeinen über beide Hälften einer solchen Electrode, zeigt aber beträchtlich grössere Helligkeit an der Aluminiumhälfte. Sehr wahrscheinlich beruht letzteres auf der schon von Hittorf constatirten Thatsache, dass der Uebergangswiderstand an einer silbernen Kathode erheblich grösser ist als an einer Aluminiumkathode. — Benutzt man eine derartige bis dahin ungebrauchte Electrode von ganz frischer Oberfläche als Anode, so überzieht das Glimmen die ganze der Kathode zugekehrte Anodenseite und kann an beiden Hälften, symmetrische Lage derselben gegen die Kathode vorausgesetzt, mehr oder weniger genähert gleiche Intensität zeigen. Diese Ausbreitung des Glimmens erhält sich, wenn man die Entladung weiter in derselben Richtung hindurchgehen lässt, und tritt ebenso wieder auf, wenn der Stromdurchgang unterbrochen wird, und dann wieder im selben Sinne einsetzt. Wird der Strom aber nur für wenige Secunden umgekehrt, sodass die zusammengesetzte Electrode als Kathode fungirt, und dann wieder die frühere Stromrichtung hergestellt, so ist das Glimmen hell an der Silberhälfte der Anode, dagegen ist die Aluminiumhälfte entweder völlig lichtlos, oder so mattleuchtend, dass es besonderer Aufmerksamkeit zur Erkennung ihres Lichtes bedarf. Die Lichtgrenze entspricht genau der Trennungslinie der beiden aneinanderstossenden Metallflächen. Das Entladungslicht verschmäht an der Anode also dann dasjenige Metall, das von dem Kathodenlicht bevorzugt wird und tritt hell an derjenigen Fläche auf, an der das Kathodenlicht die geringere Intensität zeigt. Der Vortragende demonstrirt die Erscheinung ausser an einem Gefässe mit der Kreisscheibe Aluminium-Silber auch an einer Reihe anderer zusammengesetzter Electrodenflächen. In eine Aluminiumkreisscheibe von 4 cm Durchmesser war eine sternförmige Fläche aus Silber eingelassen. Das Anodenglimmen beschränkte sich auf den Silberstern und liess die ganze umgebende Aluminiumfläche lichtlos. Werden in eine Aluminiumscheibe von mehreren Centimetern Durchmesser zahlreiche gesonderte Silberpunkte (Kreisflächen von $^3/_4$ mm bis $2^1/_2$ mm Durchmesser) eingelassen, so tritt das Anodenleuchten an den sämmtlichen Silberpunkten auf, während die zwischenliegenden Aluminiumtheile dunkel sind. Man kann so durch die Anordnung der Silberpunkte beliebige leuchtende Figuren (Sterne,

Arabesken etc.) hervorbringen. Werden umgekehrt in eine Silberscheibe Aluminiumpunkte eingelassen, so leuchtet die ganze übrige Scheibe, nur die Aluminiumpunkte bleiben dunkel. Besteht die Anode aus einer Kette von abwechselnden Gliedern aus Silber und aus Aluminium, so leuchten nur die Silberglieder. Das Silber läuft, während es als Kathode in verdünnter Luft dient, sehr rasch an, es wird stahlgelb bis stahlblau. — An anderem Orte soll über die beschriebene Erscheinung, namentlich hinsichtlich des Verhaltens anderer Metalle und in anderen Gasen, eingehender berichtet werden.

2. Ueber die scheinbare gegenseitige Abstossung gleichgerichteter Kathodenstrahlen.

W. Crookes hat 1879 einen sehr bekannt gewordenen Versuch beschrieben, aus dem er folgert, dass gleichgerichtete Kathodenstrahlen einander abstossen. Crookes bringt an das eine Ende eines cylindrischen Entladungsgefässes zwei kleine, etwas gegen einander geneigte Kreisscheiben als Kathoden und stellt vor denselben ein Diaphragma auf, das zwei parallele Schlitze, je einen gegenüber einer Scheibe, enthält. Die schmalen zwei Strahlenbündel, welche durch die Schlitze hindurchgehen, markiren sich durch ihre leuchtenden Spuren auf einer unter 90° gegen das Diaphragma und die Richtung der Schlitze gestellten langen phosphorescenzfähigen Platte. Macht man jede der beiden Kreisscheiben einzeln zur Kathode, so sieht man, dass die Axen der durchgelassenen beiden Strahlenbündel ziemlich stark gegen die Gefässaxe geneigt sind und sich in einigem Abstande vom Diaphragma schneiden; macht man beide Flächen gleichzeitig zu Kathoden, so entfernen die Axen der beiden Strahlenbündel sich von einander, als wenn sie einander abstiessen und werden nahe oder ganz parallel. — Ich selbst hatte bereits 1876 in den Monatsberichten der Berliner Academie die später von mir als Deflexion bezeichnete Erscheinung beschrieben, dass ein Kathodenstrahl, der in der Nähe einer zweiten Kathode vorüberstreicht, im Sinne einer Abstossung von der zweiten Kathode abgelenkt wird, und ich vermuthete nach dem Bekanntwerden des Crookes'schen Versuchs, dass er nur einen Fall der von mir beschriebenen Abstossung darstelle.



Ich fand diese Vermuthung durch einen Versuch bestätigt, der bisher durch den Druck nicht veröffentlicht worden ist und der im Nachfolgenden beschrieben werden soll. Inzwischen haben die Hrn. E. WIEDEMANN und EBERT im 5. Hefte der diesjährigen Annalen der Physik einen Versuch über diesen Gegenstand beschrieben. WIEDEMANN und EBERT haben den CROOKES'schen Apparat dahin abgeändert, dass sie vor der einen Schlitzöffnung des Diaphragmas einen um ein Charnier beweglichen kleinen Deckel anbrachten, der dann je nach der Stellung der Röhre den Schlitz verschloss oder frei liess. Es zeigte sich, dass bei Verschluss des einen Schlitzes und gleichzeitigem Leuchten beider Scheiben das durch den anderen Schlitz hindurchtretende Bündel ganz ebenso abgelenkt wurde, wie bei offenem Schlitz. Die Verfasser folgern daraus: „Aus den Versuchen des Hrn. CROOKES lässt sich auf eine Abstossung paralleler Kathodenstrahlen nicht schliessen" und „Die Erscheinung hängt eng mit den von GOLDSTEIN untersuchten Deflexionserscheinungen zusammen." Die Hrn. WIEDEMANN und EBERT zeigen also, dass die Strahlenablenkung fortdauert, auch wenn das eine Bündel, durch welches das andere abgestossen werden soll, jenseits des Diaphragmas gar nicht mehr auftritt. Der von mir zu beschreibende Versuch zeigt, dass die Strahlenablenkung verschwindet, wenn man die Bedingungen für die Deflexion beseitigt, und dass die von CROOKES beobachtete Erscheinung darauf beruht, dass die von der einen Kathode ausgesandten Strahlen schon diesseits des Diaphragmas, wenn sie sich der andern Kathode nähern, abgestossen werden: vermöge der geradlinigen Ausbreitung der Strahlen machen auch die jenseits des Diaphragmas liegenden Fortsetzungen der Bündel dann die Ablenkung der Strahlenwurzeln mit. Ist diese Anschauung richtig, dass nicht die jenseits des Diaphragmas sich kreuzenden Strahlenbündel einander abstossen, sondern dass schon diesseits des Diaphragmas die von der einen Kathode ausgesandten Strahlen abgestossen werden von der benachbarten andern, so muss die scheinbare gegenseitige Abstossung der beiden Bündel verschwinden, wenn man zwar jenseits des Diaphragmas alles ungeändert lässt, aber diesseits desselben einen festen Schirm zwischen die beiden Kathoden bringt. Denn durch eine feste Wand wirkt die Deflexion nicht hin-

durch, weder durch eine leitende, noch durch eine isolirende; dagegen wirkt jedes Element einer Kathode durch den freien Raum hindurch nach der Richtung abstossend, nach der es strahlt. Ich brachte nun einen an einer Stricknadel befestigten rechteckigen Glimmerschirm zunächst in den Raum zwischen Gefässboden und Kathoden; der Gang aller Strahlen war dann also noch ebenso ungehindert wie in dem CROOKES'schen Versuche. Die phosphorescirende lange Platte liess ich nach dem Ergebniss von Vorversuchen fort: sie ist überflüssig, weil mindestens in den Fällen, in denen die Schlitze sich den Rändern des Diaphragmas sehr nähern oder den einen Rand durchsetzen, die Phosphoroscenzspur der Bündel sich hinreichend auf der cylindrischen Gefässwand selbst markirt. Dies gewährt zugleich den Vortheil, dass man den Verlauf der Bündel und die Lage ihres Schnittpunktes an der Gefässwand durch Tintepunkte genau markiren und daher sehr geringe Verschiebungen wahrnehmen kann.

In einem Versuche z. B. schnitten sich nun die beiden Bündel bei successivem Leuchten der einzelnen Kathoden in 25 mm Entfernung von der Kathode; leuchteten aber beide Kathoden gleichzeitig, so trat die scheinbare Abstossung ein, die gegenseitige Convergenz der beiden Bündel wurde geringer, und die Strahlen schnitten sich erst in nahe 1 dcm Entfernung vom Diaphragma; der Schnittpunkt war also um fast 75 mm verschoben. Nun wurde der Kitt, mit dem die Stricknadel in einer Verlängerung des Gefässes befestigt war, durch Erwärmen erweicht und der Glimmerschirm zwischen die beiden Kathodenscheiben bis sehr nahe an das Diaphragma vorgeschoben. Leuchteten jetzt die beiden Kathoden gleichzeitig, so lag der Schnittpunkt der beiden Strahlenbündel nur 27 mm vom Diaphragma entfernt, die Verschiebung betrug also statt nahe 75 mm nur noch 2 mm, d. h. die Ablenkung der Strahlen war so gut wie ganz aufgehoben. — Sehr anschaulich sieht man, worauf es bei dem Versuche ankommt, wenn man den Glimmerschirm zunächst wieder in den Raum hinter den Kathoden zurückzieht, sodass der Schnittpunkt wieder ca. 100 mm vom Diaphragma entfernt liegt, und wenn man dann den Schirm langsam vorschiebt. In dem Augenblick, wo die vordere Kante des Schirmes zwischen die Ränder beider Kathoden tritt, be-

ginnt der Schnittpunkt der beiden Bündel nach dem Diaphragma hin zurückzuweichen, und zieht sich, in dem Maasse, wie der Glimmer sich weiter zwischen beide Kathoden vorschiebt, immer weiter zurück, bis er bei 27 mm Halt macht, wenn man den Glimmer bis auf weniger als 1 mm dem Diaphragma genähert hat. Da jedes Element der Kathode nach der Richtung in der es strahlt, Abstossung ausübt, aber nur durch den freien Raum hindurch, wird die Anzahl der Elemente jeder Kathode die durch den freien Raum auf die Strahlen der zweiten Kathode wirken können, desto geringer, je weiter der Schirm vordringt; desto mehr nimmt daher die Ablenkung der Strahlen und somit auch die Verschiebung ihres Schnittpunktes ab. — Dass nicht Dampfentwickelung beim Erweichen des Kittes und dadurch bedingte Dichtesteigerung des Gases die Verschiebung bedingen, kann leicht nachgewiesen werden. — Den deutlichsten Beweis, dass es sich hier um eine Deflexionserscheinung handelt, bildet das Auftreten der von CROOKES ganz übersehenen zwei grossen dunklen typischen Deflexionsflächen zur Seite je einer Kathode im Phosphorescenzlicht der Gefässwand. — Zur nachträglichen Veröffentlichung des vorstehend beschriebenen Versuches wurde der Vortragende durch eine Correspondenz mit Hrn. Prof. E. WIEDEMANN veranlasst.

Nachtrag zur Sitzung vom 11. März 1892.

Hr. **F. M. Stapff**:

Ueber die Zunahme der Dichtigkeit der Erde nach ihrem Inneren.

Am 11. März d. J. theilte ich der physikalischen Gesellschaft ein einfaches Gesetz der Dichtigkeitszunahme mit, welches unter einer weiter unten formulirten Voraussetzung für jeden kugelförmigen Körper gelten muss, dessen Dichtigkeit stetig von aussen nach innen zunimmt. Dass diese Bedingung für die Erde stricte zutrifft, muss zwar bezweifelt werden (CALLANDREAU kommt sogar zu dem Resultat, dass die Dichte im Inneren der Erde durch eine continuirliche Function **nicht** ausdrückbar ist, wenn die Beobachtungen eine von 1/298 nur wenig abweichende Abplattung ergeben; Compt. rend. 1885,



p. 1204); aber wenn auch die Dichtigkeit in successiven Lagen sprungweise zunimmt, muss sich eine stetige Curve ermitteln lassen, welche besser als jede andere die mittlere Dichtigkeitszunahme ausdrückt, und welche dem allgemeinen Gesetz unterworfen sein soll.

Gestattet man sich die Annahme, dass die Differenz zwischen der Dichtigkeit γ_0 an der Oberfläche eines Kugelkernes und der mittleren Dichtigkeit γ_1 desselben, welche Differenz an der Erdoberfläche $= \Gamma - \Gamma_0$, an dem Centrum aber $= 0$ ist, mit dem Cubus des Radius des Kernes wächst, so wird

$$\gamma_0 = (2\,\Gamma - \Gamma_0) - (\Gamma - \Gamma_0)\frac{2\,r^3}{R^3},$$

worin γ_0 die Dichtigkeit an der Oberfläche des Kernes vom Radius r bedeutet, Γ die mittlere Dichtigkeit der ganzen Kugel, Γ_0 ihre Oberflächendichtigkeit, R den Radius der ganzen Kugel. Es folgt hieraus die centrale Dichtigkeit $\Gamma_\infty = 2\,\Gamma - \Gamma_0$; und die mittlere der ganzen Kugel

$$\Gamma = \frac{\Gamma_\infty + \Gamma_0}{2}.$$

Nimmt man noch erfahrungsgemäss $\Gamma = 2\,\Gamma_0$ an, so wird

$$\Gamma_\infty = \frac{3\,\Gamma}{2} = 3\,\Gamma_0;$$

und

$$\gamma_0 = \Gamma\left(\frac{3\,R^3 - 2\,r^3}{2\,R^3}\right).$$

Für die mittlere Dichtigkeit γ des Kernes ergibt sich

$$\gamma_1 = \Gamma\left(\frac{3\,R^3 - r^3}{2\,R^3}\right);$$

und für die mittlere Dichtigkeit γ der äusseren Schale

$$\gamma = \Gamma\left(\frac{2\,R^3 - r^3}{2\,R^3}\right).$$

In der Beweisführung war damals ein Irrthum untergelaufen, auf welchen Hr. Dr. F. Richarz mich freundlichst aufmerksam machte und welchen Rev. O. Fisher beseitigt hat, der sich auf meine Bitte mit dankenswerther Bereitwilligkeit des Problems annahm.

Wenn r um dr zunimmt, so kommt zum Kern eine dünne

Schale von der Dichtigkeit γ_0, welche der Entfernung r vom Centrum entspricht. Daher wird seine Masse

$$\tfrac{4}{3}\pi r^3 \gamma_1 + 4\pi r^2 dr \gamma_0,$$

und seine Dichtigkeit

$$\gamma_1 + d\gamma_1 = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3 \gamma_1 + 4\pi r^2 dr \gamma_0}{\frac{4}{3}\pi (r+dr)^3} = \frac{r^3\gamma_1 + 3r^2 dr \gamma_0}{r^3 + 3r^2 dr}$$

$$= \left(\gamma_1 + \frac{3dr}{r}\gamma_0\right)\left(1 - \frac{3dr}{r}\right) = \gamma_1 + \frac{3dr}{r}(\gamma_0 - \gamma_1).$$

(1) $$d\gamma_1 = \frac{3dr}{r}(\gamma_0 - \gamma_1); \quad \text{oder} \quad \gamma_0 - \gamma_1 = \frac{r\, d\gamma_1}{3dr}.$$

An der Oberfläche, wo $r = R$, wird $\gamma_1 - \gamma_0 = \Gamma - \Gamma_0$; am Centrum, wo $r = 0$, aber $= 0$; und für zwischenliegende Punkte nehmen wir an, dass die Differenz mit irgend einer Potenz n von r/R wächst, also

(2a) $$\gamma_1 - \gamma_0 = (\Gamma - \Gamma_0)\left(\frac{r}{R}\right)^n.$$

Die numerischen Werthe für die Oberflächendichtigkeit Γ_0 schwanken in weiten Grenzen (v. Humboldt 1,6; Laplace 3; Plana 1,877; Naumann 2,5; Airy und Miller 2,56; v. Waltershausen 2,66; Mallet 2,69; James 2,75; Harkness (Mittelwerth) 2,56 ± 0,16); theils, weil diese uns nächstliegende Constante nur schwierig (unter dem Meeresboden gar nicht) direct zu bestimmen ist; theils, weil ihre Definition unklar ist, insofern die Oceane bald mit berücksichtigt sind (v. Humboldt, Naumann), bald ausgeschlossen. Letzteres ist in unserem Falle das richtige, und deshalb verdienen unter den vorstehenden die höheren Werthe den Vorzug, besonders James': 2,75. Derselbe ist aber nahezu die Hälfte eines runden Werthes für die mittlere Dichtigkeit der Erde, und es dürfte angemessen sein (nach O. Fisher's Vorgang in Physics of the Earth's crust; I. ed., 1881, p. 20) geradezu anzunehmen, dass $\Gamma_0 = \Gamma/2$. Ein grösserer Fehler als durch Einführen irgend eines anderen (beobachteten?) Werthes für Γ_0 kann dadurch nicht erwachsen; die Rechnungen gestalten sich bei dieser Annahme aber leichter und übersichtlicher. Unter dieser Annahme wird aus vorgehender Gleichung

(2b) $$\gamma_1 - \gamma_0 = \left(\Gamma - \frac{\Gamma}{2}\right)\left(\frac{r}{R}\right)^n = \frac{\Gamma}{2}\left(\frac{r}{R}\right)^n.$$



Durch Verbindung von Gleichungen (1) und (2) folgt

$$\frac{r\,d\gamma_1}{3\,d\,r} = -\frac{\Gamma}{2}\left(\frac{r}{R}\right)^n.$$

$$d\gamma_1 = -\frac{3\,\Gamma}{2\,r}\left(\frac{r}{R}\right)^n d\,r = -\frac{3\,\Gamma}{2}\cdot\frac{r^{n-1}}{R^n}\cdot d\,r.$$

Integrirt:

(3) $$\gamma_1 = -\frac{3\,\Gamma}{2\,n}\left(\frac{r}{R}\right)^n + C.$$

An der Oberfläche, wo $r = 1$ und $\gamma_1 = \Gamma$, wird hiernach

$$\Gamma = -\frac{3\,\Gamma}{2\,n\,R^n} + C.$$

(4) $$C = \Gamma + \frac{3\,\Gamma}{2\,n} = \Gamma\frac{(2\,n + 3)}{2\,n},$$

wenn $R = 1$. Am Mittelpunkte, wo $\gamma_1 = \Gamma_\infty$ und $r = 0$, wird

(5) $$\Gamma_\infty = C = \Gamma\frac{(2\,n + 3)}{2\,n}$$

$$2\,n\,\Gamma_\infty = 2\,n\,\Gamma + 3\,\Gamma.$$

(6) $$n = \frac{3\,\Gamma}{2\,(\Gamma_\infty - \Gamma)}.$$

Setzt man noch $\Gamma_\infty = \alpha\,\Gamma$, so wird

(6b) $$n = \frac{3\,\Gamma}{2\,\Gamma(\alpha - 1)} = \frac{3}{2\,(\alpha - 1)}$$

und

(4b) $$\alpha = \frac{2\,n + 3}{2\,n}.$$

Durch Einführen des Werthes für die Constante C nach (4) in Gleichung (3) erfolgt

(7) $$\gamma_1 = \Gamma\frac{(2\,n + 3)}{2\,n} - \Gamma\frac{3}{2\,n}\left(\frac{r}{R}\right)^n = \Gamma\left(\frac{(2\,n + 3)\,R^n - 3\,r^n}{2\,n\,R^n}\right)$$

und durch Substitution von

$$\gamma_0 = \gamma_1 - \frac{\Gamma}{2}\left(\frac{r}{R}\right)^n$$

nach Gleichung (2b) in Gleichung (7):

(8) $$\begin{cases} \gamma_0 = \Gamma\left(\dfrac{(2\,n + 3)\,R^n - 3\,r^n}{2\,n\,R^n}\right) - \dfrac{\Gamma}{2}\left(\dfrac{r}{R}\right)^n \\ = \gamma_0 = \Gamma\left(\dfrac{(2\,n + 3)\,R^n - (n + 3)\,r^n}{2\,n\,R^n}\right). \end{cases}$$

Für n kann man in Gleichungen (7) und (8) auch $3\Gamma/2(\Gamma_\infty - \Gamma)$ oder $3/2(\alpha - 1)$ einführen, wonach vorgehende Gleichungen lauten

$$(7b,c)\begin{cases} \gamma_1 = \Gamma_\infty \left(\dfrac{R^{\frac{3\Gamma}{2(\Gamma_\infty - \Gamma)}} - r^{\frac{3\Gamma}{2(\Gamma_\infty - \Gamma)}}}{R^{\frac{3\Gamma}{2(\Gamma_\infty - \Gamma)}}} \right) + \Gamma \left(\dfrac{r}{R}\right)^{\frac{3\Gamma}{2(\Gamma_\infty - \Gamma)}} \text{ oder} \\ \gamma_1 = \Gamma \left(\dfrac{\alpha R^{\frac{3}{2(\alpha-1)}} - (\alpha - 1) r^{\frac{3}{2(\alpha-1)}}}{R^{\frac{3}{2(\alpha-1)}}} \right), \end{cases}$$

resp.:

$$(8b) \qquad \gamma_0 = \Gamma \left(\frac{2\alpha R^{\frac{3}{2(\alpha-1)}} - (2\alpha - 1) r^{\frac{3}{2(\alpha-1)}}}{2 R^{\frac{3}{2(\alpha-1)}}} \right).$$

Aus jedem der vorstehenden Ausdrücke für γ_1 findet sich der entsprechende für γ (mittlere Dichte der äusseren Hülle) durch Einsetzen desselben in die Gleichung

$$(9) \qquad \Gamma R^3 = \gamma_1 r^3 + \gamma (R^3 - r^3),$$

z. B. bei Benutzung von Gleichung (7):

$$\Gamma R^3 = \Gamma \left(\frac{(2n+3) R^n - 3 r^n}{2 n R^n} \right) r^3 + \gamma (R^3 - r^3);$$

woraus

$$\gamma = \Gamma \left(\frac{R^3 - \frac{2n+3}{2n} r^3 + \frac{3}{2n} \cdot \frac{r^{n+3}}{R^n}}{R^3 - r^3} \right).$$

$R = 1$ gesetzt:

$$(10) \qquad \gamma = \Gamma \left(\frac{2n - (2n+3) r^3 + 3 r^{n+3}}{2n 1 - r^3} \right)$$

Setzt man auch in Gleichung (7) $R = 1$, so wird

$$\gamma_1 = \Gamma \left(\frac{(2n+3) - 3 r^n}{2n} \right);$$

und durch Combination mit Gleichung (10) folgt hieraus:

$$\gamma_1 - \gamma = \Gamma \left(\frac{(2n+3) - 3 r^n}{2n} \right) - \Gamma \left(\frac{2n - (2n+3) r^3 + 3 r^{n+3}}{2n(1 - r^3)} \right)$$

$$(11) \qquad \gamma_1 - \gamma = \Gamma \cdot {}^3/_2 \frac{(1 - r^n)}{n(1 - r^3)}.$$

Aus Gleichungen (11) und (2b) erhalten wir noch:

$$(12) \qquad \frac{\gamma^1 - \gamma}{\gamma^1 - \gamma_0} = \frac{3(1 - r^n)}{n(r^n - r^{n+3})}$$

Ursprünglich hatte ich, anstatt mit einem beliebigen Exponenten n, mit dem bestimmten Werthe $n = 3$ operirt und war etwas umständlich zu den in der Einleitung aufgestellten Ausdrücken gekommen, welche aus den vorstehenden allgemeinen ohne weiteres folgen, wenn man in Gleichungen (7), (8), (10), $n = 3$ setzt. Was mich veranlasste $n = 3$ zu wählen, soll weiter unten erörtert werden; hier sei darauf hingewiesen, dass der für γ^0 entwickelte Ausdruck mit dem auf ganz anderem Wege von LIPSCHITZ hergeleiteten übereinstimmt. Auf LIPSCHITZ' Arbeit, in CRELLE's Journal, 1862, p. 1, machte mich Hr. Dr. RICHARZ aufmerksam, als ich die eingangs stehenden Gleichungen auf meine Weise gefunden hatte. In den hier benutzten Symbolen lautet LIPSCHITZ's Ausdruck:

$$\gamma_0 = \Gamma_0 \left(\frac{(n+3)\frac{\Gamma}{\Gamma_0} - 3}{n} - \frac{(n+3)\left(\frac{\Gamma}{\Gamma_0} - 1\right)\left(\frac{r}{R}\right)^n}{n} \right).$$

Setzt man darin $\Gamma_0 = \Gamma / 2$, so wird:

$$\gamma_0 = \frac{\Gamma}{2} \left(\frac{(n+3)\,2 - 3 - (n+3)\left(\frac{r}{R}\right)^n}{n} \right)$$

$$= \Gamma \left(\frac{(2n+3) R^n - (n+3) r^n}{2n R^n} \right);$$

d. i. obenstehende Gleichung (8).

Bei der Wahl eines bestimmten numerischen Werthes für n können nur positive Zahlen in Betracht kommen; denn negative zwischen 0 und $-1^1/_2$ ergeben unfassbare negative Dichtigkeiten, und negative zwischen $-1^1/_2$ und $-\infty$ ergeben positive Dichtigkeiten, welche gegen die Voraussetzung nach innen abnehmen. A priori möglich sind also alle ganzen oder gebrochenen Exponenten zwischen $+0$ und $+\infty$. Den Zusammenhang derselben und der Coefficienten α, welche ausdrücken wie viel grösser als die mittlere Dichtigkeit die jemalige Dichtigkeit am Mittelpunkt wird, lässt folgendes Täfelchen übersehen.[1])

1) Der Coefficient α, welcher einem gewissen positiven Exponenten n zukommt, ergänzt sich mit dem, demselben negativen Exponenten zukommenden, α stets zu 2.

$n = \pm$	0	1/4	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6	12	24	50	100	∞
$+n$ α wenn:	∞	7	4	2 1/2	2	1 3/4	1 3/5	1 1/2	1 3/7	1 3/8	1 1/3	1 3/10	1 3/11	1 1/4	1 1/8	1 1/16	1,03	1,015	1 +
	−	−	−	−		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
$-n$	∞	5	2	1/2	0	1/4	2/5	1/2	4/7	5/8	2/3	7/10	8/11	3/4	7/8	15/16	0,97	0,985	1 −

Aus physikalischen Gründen ist die Reihe des Exponenten, welche wirklich in Frage kommen, weiter beschränkt. T. J. Stieltjes zeigte (Verh. en Medel. d. K. Ak. van Wetenschapen, 1885 (3) 1, p. 272; hier nach Geographisches Jahrbuch, 1887 p. 212), dass unter der Voraussetzung von $\Gamma = 5{,}56$; $\Gamma_0 = 2, 6$, und dem Verhältniss der beiden Hauptträgheitsmomente der Erde $C : A = 1{,}00324256$, die Dichten am Erdmittelpunkt und in halber Entfernung von der Erdoberfläche innerhalb der Grenzen $7 < \Gamma\infty < 11$ und $7{,}00 < \gamma_0$ (für $R / 2$) $< 7{,}84$ liegen müssen, oder äussersten Falles: innerhalb der Grenzen $7{,}6 < \Gamma\infty < 12{,}2$, und $7{,}5 < \gamma_0$ für $R / 2) < 8{,}3$. Nehmen wir aber auch hier $\Gamma / \Gamma_0 = 2$ an, anstatt (wie Stieltjes) $5{,}56 / 2{,}6 = 2{,}14$, so werden vorstehende Grenzwerthe auf ungefähr $2{,}00 / 2{,}14 = 0{,}935$ reducirt, d. h. auf $6{,}54 < \Gamma\infty < 10{,}28$ und $6{,}54 < \gamma_0$ (für $R / 2) < 7{,}33$; oder äussersten Falles: $7{,}10 < \Gamma\infty < 11{,}4$ und $7{,}0 < \gamma_0$ (für $R / 2) < 7{,}76$. Den Grenzwerthen 7,1 und 11,4 für die Centraldichtigkeit kommt zu

$$\alpha \; \frac{7{,}10}{5{,}56} = 1{,}28 \; \ldots \ldots \frac{11{,}4}{5{,}56} = 2{,}05$$

$$n \qquad = 5{,}36 \ldots\ldots\ldots\ldots 1{,}43$$

und mit Hülfe von Gleichung (8) findet man, dass dieselben Grenzexponenten auch den Dichtigkeitsgrenzen in halber Entfernung von Oberfläche zu Mittelpunkt genügen.

Die meisten für den Erdmittelpunkt berechneten Dichtigkeiten [1]) gruppiren sich um den Mittelwerth $10{,}2 \pm 0{,}7$ und

1) Von Plana's Zahl 16,73 wird abgesehen, weil sie die offenbar zu niedrige Oberflächendichtigkeit 1,877 involvirt. v. Waltershausen's Formel $\gamma_0 = \Gamma\infty - (\Gamma\infty - \Gamma_0)\, r^2$, mit $\Gamma\infty = 9{,}59$, $\Gamma_0 = 2{,}66$ ist dagegen berücksichtigt. Dieselbe ist gleichfalls nur ein specieller Fall unserer Gleichung (8), welche für den Exponenten 2 lautet:

$$\gamma_0 = \Gamma \left(\frac{7\, R^2 - 5\, r^2}{4\, R^2} \right).$$

Dasselbe wird aus v. Waltershausen's Gleichung, wenn in derselben $\Gamma\infty = \alpha\, \Gamma$ und $\Gamma_0 = (\Gamma / 2)$; ferner $\alpha = (2\, n + 3) / 2\, n$ (Gleichung (4)); endlich $n = 2$ eingesetzt wird.

setzen als mittlere Dichtigkeit der ganzen Erde 5,54 ± 0,05 voraus. Wären sie nach einer unserer Gleichungen, z. B. (5):

$$\Gamma_\infty = \Gamma\left(\frac{2n+3}{2n}\right)$$

berechnet, so hätte der Exponent n äussersten Falles zwischen 1,52 und 2,15 gewählt werden müssen, wodurch obige Grenze noch weiter eingeschnürt ist. Diese enge Begrenzung beruht aber auch darauf, dass den meisten dieser Berechnungen dieselbe Hypothese der Dichtigkeitszunahme mit zunehmendem Drucke zu Grunde liegt, und sie erweitert sich, sobald man von dieser Hypothese absieht. Mir scheint dieselbe unzulässig, theils weil sie zu der sehr unwahrscheinlichen Consequenz führt, dass die Zusammendrückbarkeit der Materie unbegrenzt ist; theils weil die Erde, soweit der Beobachtung zugänglich, aus an und für sich ungleich schweren Stoffen besteht, welche sich möglichst nach ihrem specifischen Gewicht gruppiren werden, mit oder ohne Verdichtung durch Druck. Diese Ueberlegung trieb dazu, nach einem Dichtigkeitsgesetz zu suchen, welches von der Druck- und Dichtigkeitshypothese LAPLACE's wenigstens nicht ausgeht.

Ich habe zunächst mit dem Exponenten $n = 3$ operirt (vgl. Einleitung und Gleichung 2b), weil derselbe in das Gefüge der, von jeder Hypothese unabhängigen, Fundamentalgleichung (9) am besten passt; zu einigen überraschend einfachen Beziehungen führt, und Dichtigkeitswerthe für das Erdinnere ergibt, welche geologisch sehr gerechtfertigt erscheinen.

Das Dichtigkeitsgesetz mit dem Exponenten $n = 3$ ergibt als mittlere Dichtigkeit die Differenz zwischen centraler und Oberflächendichtigkeit; oder das arithmetische Mittel zwischen Oberflächendichtigkeit und Centraldichtigkeit. Denn führt man in Gleichung (8) $n = 3$ und $r = 0$ ein, so wird

$$\gamma_0 = \Gamma_\infty = \Gamma\left(\frac{(2.3+3)R^3 - (3+3).0}{2.3.R^3}\right) = \Gamma\frac{9R^3}{6R^3} = 1^1/_2\,\Gamma;$$

und da nach Voraussetzung $^1/_2\,\Gamma = \Gamma_0$, so wird $\Gamma_\infty = \Gamma + \Gamma_0$, oder $\Gamma = \Gamma_\infty - \Gamma_0$. Ferner

$$\Gamma_\infty + \Gamma_0 = \Gamma + 2\,\Gamma_0 = 2\,\Gamma; \quad \frac{\Gamma_\infty + \Gamma_0}{2} = \Gamma.$$

Die Differenz zwischen der mittleren Dichtigkeit γ_1 eines Kernes und der mittleren Dichtigkeit γ seiner Schale ist constant, nämlich $= \Gamma/2 = \Gamma_0$. Denn setzt man in Gleichung (11) $n = 3$, so wird

$$\gamma_1 - \gamma = \Gamma \cdot \frac{3}{2}\left(\frac{1 - r^3}{3(1 - r^3)}\right) = \frac{\Gamma}{2}.$$

Das Verhältniss zwischen der Differenz der mittleren Dichtigkeit des Kernes und seiner Schale einerseits, der Differenz der mittleren Dichtigkeit des Kernes und seiner Oberflächendichtigkeit andererseits, nämlich (nach Gleichung 12)

$$\frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma_1 - \gamma_0} = \frac{3(1 - r^n)}{n(r^n - r^{n+3})},$$

ist für $n = 3$

$$\frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma_1 - \gamma_0} = \frac{1}{r^3};$$

oder da hier $R^3 = 1$ vorausgesetzt wurde,

$$\frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma_1 - \gamma_0} = \frac{R^3}{r^3}.$$

Dieser Ausdruck wird aber jenem für $\gamma_1 - \gamma_0$, nach Gleichung (2a) analog, wenn man in ihm $\gamma_1 - \gamma_0$ durch $\Gamma - \Gamma_0$ ersetzt; deshalb war es angezeigt, zunächst den Exponenten $n = 3$ in (2a) zu wählen.

Für $\Gamma = 5,5832$ [1]) gibt die Formel

$$\gamma_0 = \Gamma\left(\frac{3R^3 - 2r^3}{2R^3}\right)$$

Dichtigkeiten, welche nahe der Oberfläche sehr rasch zunehmen, nahe dem Mittelpunkt aber sehr langsam:

$\frac{r}{R}$ =	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
γ_0 =	2,792	4,305	5,517	6,460	7,169	7,677	8,018	8,224	8,330	8,369	8,375.

Die hieran sich knüpfenden geologischen Schlussfolgerungen übergehe ich aber, weil Zweckmässigkeitsgründe allein das cubische Dichtigkeitsgesetz nicht halten können, so lange seine physikalische Nothwendigkeit nicht erwiesen ist.

---

1) Diesen Werth Reich's benutze ich hier und im Folgenden, weil er den von Harkness (5,576 ± 0,016) und Helmert (5,6 ± 0,05) berechneten Mittelwerthen der besten vorhandenen Dichtigkeitsbestimmungen am nächsten kommt.

Führt man in

$$\gamma_0 = \Gamma\left(\frac{(2n+3)R^n - (n+3)r^n}{2nR^n}\right)$$

beliebige, zwischen 1 und 3 liegende Werthe für n ein, so schneiden sich die sämmtlichen denselben entsprechenden Curven zwischen $r/R = 0{,}6 \ldots\ldots 0{,}65$, oder sie liegen einander in dieser Kugelschale so nahe, dass sie, innerhalb derselben, für gleiche Werthe von r Dichtigkeiten ausdrücken, welche nur wenige Hundertel von einander abweichen. Da das allgemeine Dichtigkeitsgesetz richtig construirt ist, die einzusetzenden n die angegebenen Grenzen aber nicht überschreiten sollen, so sind die Dichtigkeiten zwischen 0,6 und 0,65 r gegeben, sobald die mittlere Dichtigkeit der ganzen Erde bekannt ist, und zwar mit nicht grösserer Unsicherheit als irgend ein beobachteter Werth für Γ. Wir behandeln deshalb denjenigen Werth von γ_0, welchem alle diese Curven für ein gewisses r (zwischen 0,6 und 0,65) am nächsten kommen, wie eine empirisch ermittelte Constante, und gewinnen so ein neues Element für Berechnung der Dichtigkeit am Erdmittelpunkt.

Die Dichtigkeitscurve für

$n = 3$	schneidet	sich	mit	jener	für	$n = 2^1/_2$	bei	$\frac{r}{R} = 0{,}6500$
$n = 3$	„	„	„	„	„	$n = 2$	„ „	$= 0{,}6403$
$n = 3$	„	„	„	„	„	$n = 1^1/_2$	„ „	$= 0{,}6300$
$n = 3$	„	„	„	„	„	$n = 1$	„ „	$= 0{,}6181$
$n = 2^1/_2$	„	„	„	„	„	$n = 2$	„ „	$= 0{,}6321$
$n = 2^1/_2$	„	„	„	„	„	$n = 1^1/_2$	„ „	$= 0{,}6215$
$n = 2^1/_2$	„	„	„	„	„	$n = 1$	„ „	$= 0{,}6095$
$n = 2$	„	„	„	„	„	$n = 1^1/_2$	„ „	$= 0{,}6118$
$n = 2$	„	„	„	„	„	$n = 1$	„ „	$= 0{,}6000$
$n = 1^1/_2$	„	„	„	„	„	$n = 1$	„ „	$= 0{,}6088$
			Mittlere Lage	des	Intersectionspunktes			$\frac{r}{R} = 0{,}6222$

Die Dichtigkeiten γ_0, welche in dieser Tiefe nach den verschiedenen Curven statthaben, wenn $\Gamma = 5{,}583$, sind für

$n = 3$	; $\gamma_0 = 7{,}0297$.	Differenz mit dem Mittelwerth	$- 0{,}0147$
$n = 2^1/_2$	; $\gamma_0 = 7{,}0575$	„ „ „ „	$+ 0{,}0131$
$n = 2$	; $\gamma_0 = 7{,}0686$	„ „ „ „	$+ 0{,}0242$
$n = 1^1/_2$	; $\gamma_0 = 7{,}0558$	„ „ „ „	$+ 0{,}0114$
$n = 1$	; $\gamma_0 = 0{,}0100$	„ „ „ „	$- 0{,}0344$
Mittelwerth	$\gamma_0 = 7{,}0444 \pm 0{,}0106$		$\pm 0{,}0249$

Also ist der Mittelwerth γ_0 mit kleinerem Fehler behaftet als die Mittelzahlen für Γ nach HARKNESS ($\pm 0{,}016$) und

Helmert ($\pm$ 0,05), soweit von dem Fehler des in Rechnung gebrachten Γ abgesehen wird.

Die Centraldichtigkeit Γ_∞ lässt sich nun empirisch und näherungsweise so bestimmen:

$$\Gamma = 5{,}5832 = {}^2/_3\,(7{,}0444 - 2{,}7916)(1 - 0{,}6222) + (7{,}0444 - 2{,}7196)\,.\,0{,}6222 + {}^2/_3\,(\Gamma_\infty - 7{,}0444)\,.\,0{,}6222$$

$$5{,}5832 = 0{,}4148\,\Gamma_\infty + 0{,}7954$$

$$\Gamma_\infty = \mathbf{11{,}5424}.$$

Die Centraldichtigkeit ist also

$$\frac{11{,}5424}{5{,}5832} = \mathbf{2{,}0673}$$

$\Gamma = 5,583$
$\gamma_0 = 7,044$
$\Gamma_\infty = 11,542$
$\Gamma_0 = 2,792$
0,378 R
0,622 R

mal so gross als die mittlere Dichtigkeit Γ, und diesem Coefficienten α entspricht nach Gleichung (6) der Exponent

$$n = \frac{3}{2(2{,}0673 - 1)} = \mathbf{1{,}4054}$$

oder rund $^7/_5$.

Der verlockende Exponent 3 ist also nicht stichhaltig. Anstatt des hier roh geschätzten Werthes 1,4054 ergibt sich, ohne Zuziehung einer physikalischen Hypothese, ein richtigerer Exponent durch Umkehrung der Gleichung (8):

$$\gamma_0 = \Gamma\left(\frac{(2\,n + 3)\,R^n - (n + 3)\,r^n}{2\,n\,R^n}\right),$$

wenn darin γ_0, Γ, r als bekannt angenommen, und $R = 1$ gesetzt wird; nämlich:

$$(14) \qquad \frac{2\,(\gamma_0 - \Gamma)}{\Gamma} = \frac{3 - (3 + n)\,r^n}{n}.$$

Für $r = 0{,}6222$ haben wir $\gamma_0 = 7{,}0444$ gefunden; für $\Gamma = 5{,}5832$ gewählt; und als ersten Näherungswerth für n benutzen wir 1,4054. Dieser zeigt sich zu gross, 1,3 zu klein; dagegen ist bis auf die vierte Decimale (excl.) zutreffend $\boldsymbol{n} = \mathbf{1{,}3238}$. Probe:

$$2\,\frac{(7{,}0444 - 5{,}5832)}{5{,}5832} = \frac{3 - (3 + 1{,}3238)\,.\,0{,}6222^{1{,}3238}}{1{,}3238}$$

$$0{,}5234 = 0{,}52334.$$

Diesem n kommt nach Gleichung (4) der Werth

$$\alpha = \frac{2n+3}{2n} = \frac{2,6476+3}{2,6476} = \mathbf{2,1331}$$

zu; daher Centraldichtigkeit:

$$\Gamma\infty = 5,5832 \,.\, 2,1331 = \mathbf{11,9095.}$$

Das Dichtigkeitsgesetz (8) mit dem Exponenten $n = 1,3238$ lautet:

(15)

$$\gamma_0 = \Gamma\left(\frac{(2,6476+3)-(1,3238+3)\,r^{1,3238}}{2,6476}\right)$$

$$= \Gamma(2,1331 - 1,6331\,.\,r^{1,3238}),$$

oder, wenn man sich die Abrundung $1,3238 = {}^4/_3$ erlauben dürfte:

$$\gamma_0 = \Gamma\left(\frac{({}^8/_3+3)-({}^4/_3+3)\,.\,r^{4/3}}{{}^8/_3}\right) = \Gamma\left(\frac{17-13\,.\,r^{4/3}}{8}\right)$$

$$= \Gamma(2,125 - 1,625\,.\,r^{4/3}).$$

Die einzige unbewiesene Vorraussetzung ist hierbei, dass Oberflächendichtigkeit gleich halber mittlerer Dichtigkeit; doch ist zu bemerken, dass ein Werth γ_0, welchem viele Werthe von n nahezu entsprechen können, zur Ermittelung des Exponenten n nach dieser Methode weniger geeignet ist; ferner, dass der Mittelzahl $\gamma_0 = 7,0444$ noch ein zweiter Werth für n zukommt.

Geschenke.

F. Neesen. Photographische Aufzeichnung und Theorie der Geschosspendelung.

B. Barkhausen. Einige Betrachtungen über Magnetismus und Electricität, ihre Wirkungen und Wechselwirkungen mit einem Anhang: Betrachtungen zum Ausbruch des Krakatau. Bremen. 1892. G. A. v. Halem. (Als Manuscript gedruckt.)

W. A. Rogers. Catalogue of 8627 stars between 49° 50′ and 55° 10′ of north declination in 1855,0 for the epoch 1875,0. (Annals of the Astronomical Observatory of Harvard College. Vol. XV. Part. II.) Karlsruhe. 1892. G. Braun's Hofbuchdruckerei.

Mitgliederliste.

Im Jahre 1892 wurden in die Gesellschaft aufgenommen die Herren:
Dr. W. Bein, Dr. R. Burg, H. Hahn und Dr. B. Meth.

Dagegen verlor die Gesellschaft durch Tod:
Prof. Dr. E. v. Brücke und Dr. Wern. v. Siemens.

Ihren Austritt aus der Gesellschaft erklärten die Herren:
Prof. Dr. F. August, Prof. Dr. A. Auwers, Prof. Dr. R. Franz, Dr. F. Jagor, Dr. R. Lüpke und Dr. Tegetmeier.

Am Ende des Jahres 1892 waren Mitglieder der Gesellschaft:

Hr. Prof. Dr. Adami in Bayreuth.
— Dr. P. Andries*), SW., Zimmerstrasse 48 a.
— Prof. K. Ångström in Stockholm, Stockholm's Högskola.
— Prof. Dr. H. Aron, W., Lichtensteinallee 3 a.
— Dr. L. Arons, SW., Königgrätzerstrasse 109.
— Artope in Elberfeld.
— Prof. Dr. R. Assmann, NW., Thurmstrasse 28.
— Dr. E. van Aubel in Brüssel, Rue royale 3.
— Prof. Dr. Avenarius in Kiew.
— O. Baschin, C., Schinkelplatz 6.
— Dr. Becker in Darmstadt.
— Dr. W. Bein, NW., Karlstr. 18 a.
— P. Benoit, SW., Wartenburgstrasse 23.
— A. Berberich, SW., Lindenstr. 91.
— Dr. A. Berliner in Charlottenburg, Knesebeckstrasse 3.
— Dr. G. Berthold in Ronsdorf.
— Prof. Dr. W. v. Bezold, W., Lützowstrasse 72.
— A. Blümel, SO., Melchiorstr. 22.
— Dr. H. Borck in Friedenau, Handjerystrasse 47.
— Prof. Dr. R. Börnstein, Wilmersdorf, Hessische Strasse 10.
— Dr. H. Böttger, NW., Lessingstrasse 13.
— Dr. H. E. J. G. du Bois, NW., Mittelstrasse 48.
— A. du Bois-Reymond in Westend bei Berlin, Ahorn-Allee 42.
— Prof. Dr. E. du Bois-Reymond, NW., Neue Wilhelmstrasse 15.
— Prof. Dr. L. Boltzmann in München, Maximilianstrasse 1 III.
— Prof. Dr. F. Braun in Tübingen.
— Prof. Dr. A. Brill in Darmstadt.

Hr. Dr. W. Brix in Charlottenburg, Berliner Strasse 13/14.
— Dr. W. Brix jun., SW., Schützenstrasse 3.
— Dr. E. Brodhun in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 66.
— Telegraphendirector Brunner in Wien.
— Prof. Dr. Bruns in Leipzig.
— Dr. E. Budde, NW., Klopstockstrasse 53.
— Prof. Dr. F. Burckhardt in Basel.
— Dr. R. Burg, NW., Mittelstr. 3.
— Dr. M. Busolt, W., Steglitzerstrasse 55.
— Dr. F. Caspary, W., Kurfürstenstrasse 4.
— Prof. Dr. E. B. Christoffel in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. O. Chwolson in St.-Petersburg.
— Dr. Dehms in Potsdam.
— Prof. Dr. C. Dieterici in Breslau.
— Prof. Dr. Dietrich in Stuttgart.
— Dr. P. Drude in Göttingen.
— Dr. A. Ebeling, W., Derfflingerstrasse 28.
— Prof. Dr. E. O. Erdmann, W., Schellingstrasse 7.
— F. Ernecke, SW., Königgrätzerstrasse 112.
— Dr. M. Eschenhagen in Potsdam, Magnetisches Observatorum.
— Dr. C. Färber, SO., Elisabethufer 41.
— Dr. K. Feussner in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Fick in Würzburg.
— Prof. Dr. R. Finkener, W., Burggrafenstrasse 2 a.
Dr. A. Franke, NW., Cuxhavenerstrasse 3.

*) Berlin ist in dem Verzeichniss weggelassen.

Hr. Dr. G. Freund, NW., Unter den Linden 69.
— Dr. O. Frölich, Westend bei Berlin, Kastanien-Allee 2.
— Prof. Dr. Fromme in Giessen.
— Prof. Dr. L. Fuchs, NW., Kronprinzenufer 24.
— R. Fuess in Steglitz, Düntherstrasse 8.
— Prof. Dr. J. Gad, SW., Grossbeerenstrasse 67.
— Dr. H. Gerstmann, SW., Schöneberger Ufer 17.
— Dr. W. Giese, W., Bülowstr. 80.
— Dr. P. Glan, NW., Klopstockstrasse 65.
— Prof. Dr. E. Goldstein, W., Königgrätzerstrasse 92.
— Dr. L. Grätz in München, Arcisstrasse 33.
— Dr. Th. Gross, W., Blumenthalstrasse 11.
— Prof. Dr. P. Groth in München.
— Prof. Dr. Grotrian in Aachen.
— Prof. Dr. L. Grunmach, W., Schellingstrasse 5.
— Prof. Dr. G. Gruss in Prag.
— Prof. Dr. S. Günther in München.
— Dr. E. Gumlich in Charlottenburg, Grolmannstrasse 11.
— H. Hänsch, S., Stallschreiberstr. 4.
— Dr. E. Häntzschel, W., Eisenacherstrasse 11.
— Prof. Dr. E. Hagen in Kiel.
— Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff in Basel.
— H. Hahn, NW., Melanchthonstrasse 12.
— Prof. Dr. M. Hamburger, NW., Karlstrasse 28.
— Prof. Dr. Hammerl in Innsbruck.
— G. Hansemann, W., Maassenstrasse 29.
— Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstrasse 6.
— Dr. B. Hecht in Königberg i. Pr.
— F. v. Hefner-Alteneck, W., Hildebrand'sche Privatstrasse 9.
— Prof. Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstrasse 2/3.
— Prof. Dr. H. v. Helmholtz, Charlottenburg, Marchstr. 25b.
— Dr. A. Hempel, W., Bülowstr. 72.
— Prof. Dr. K. Hensel, NW., Klopstockstrasse 39.
— Prof. Dr. H. Hertz in Bonn.
— Dr. A. Heydweiller in Würzburg.

Hr. Prof. Dr. J. Hirschwald in Charlottenburg, Hardenbergstr. 9.
— Dr. H. Hohnhorst, SW., Belleallianeenstrasse 8.
— Dr. K. Hollefreund, S., Luisenufer 23.
— Prof. Dr. R. Hoppe, S., Prinzenstrasse 69.
— Dr. W. Howe in Westend bei Berlin, Kastanienallee 4.
— Prof. Dr. Hutt in Bernburg.
— Dr. W. Jaeger in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 65.
— Dr. H. Jahn, NW., Hindersinstrasse 1.
— Dr. S. Kalischer, W., Lutherstrasse 51.
— Prof, Dr. G. Karsten in Kiel.
— Prof. Dr. H. Kayser in Hannover.
— Prof. Dr. E. Ketteler in Münster i. W.
— Prof. Dr. J. Kiessling in Hamburg.
— Prof. Dr. F. Klein in Göttingen.
— Prof. Dr. H. Knoblauch in Halle.
— Prof. Dr. A. König, NW., Flemmingstrasse 1.
— Prof. Dr. W. König in Frankfurt a. M.
— Dr. M. Koppe, NO., Strausbergerstrasse 7a.
— Dr. A. Köpsel, S., Kommandantenstrasse 46.
— Dr. F. Kötter, S., Annenstr. 1.
— Prof. Dr. F. Kohlrausch in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. W. Kohlrausch in Hannover.
— Prof. Dr. G. Krech, S., Brandenburgstrasse 34.
— Dr. V. Kremser in Friedrichshagen.
— Dr. O. Krigar-Menzel, W., Sigismundstrasse 3.
— Prof. Dr. H. Kronecker in Bern.
— Prof. Dr. A. Kundt, NW., Neue Wilhelmstrasse 16.
— Dr. G. Lachmann, SW., Puttkammerstrasse 10.
— Prof. Dr. E. Lampe, W., Kurfürstenstrasse 139.
— Prof. Dr. H. Landolt, W., Königgrätzerstrasse 123b.
— Prof. Dr. C. Lange, W., Kleiststrasse 5.
— Dr. J. Lange, SW., Möckernstrasse 85.

Hr. Prof. Dr. A. Leman in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 66.
— Dr. E. Less, NW., Albrechtstrasse 18.
— Prof. Dr. Liebisch in Göttingen.
— Prof. Dr. O. Liebreich, W., Margarethenstrasse 7.
— Dr. St. Lindeck in Charlottenburg, Göthestrasse 66.
— Dr. E. Loew, SW., Grossbeerenstrasse 1.
— Prof. Dr. C. Ludwig in Leipzig.
— Prof. Dr. E. Lommel in München, Kaiserstrasse 10.
— Prof. Dr. H. A. Lorentz in Leyden.
— Dr. G. Lübeck, N., Prenzlauer Allee 2.
— Dr. O. Lummer in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 72.
— Dr. B. Meth, W., Eisenacherstrasse 11.
— Dr. Ernst Meyer, SW., Möckernstrasse 121.
— Dr. G. Meyer in Freiburg i. B.
— Dr. H. Meyer, W., Derfflingerstrasse 28.
— Prof. Dr. O. E. Meyer in Breslau.
— Dr. W. Meyer, W., Kurfürstenstrasse 101.
— Dr. C. Michaelis in Potsdam.
— Dr. P. Micke, W., Kleiststr. 18/19.
— Dr. James Moser in Wien.
— Prof. Dr. F. Müller, NW., Birkenstrasse 3.
— Dr. R. Müller, W., Wilhelmstrasse 40.
— Dr. W. Müller-Erzbach in Bremen.
— Prof. Dr. A. Müttrich in Eberswalde.
— Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstrasse 4.
— Dr. R. Nahrwold in Charlottenburg, Knesebeckstrasse 91.
— Prof. Dr. F. Neesen, W., Zietenstrasse 6 c.
— Prof. Dr. W. Nernst in Göttingen.
— Prof. Neubert in Dresden.
— Prof. Dr. C. Neumann in Leipzig.
— Prof. Dr. A. Oberbeck in Greifswald.
— Prof. Dr. A. v. Oettingen in Dorpat.
— Prof. Dr. Paalzow, W., Wilhelmstrasse 50.
— Prof. Dr. J. Pernet in Zürich-Hottingen, Minervastrasse.

Hr. Prof. Dr. F. Petri, SO., Köpenickerstrasse 22 a.
— Prof. Dr. L. Pfaundler in Innsbruck.
— Dr. J. Picker in Gross-Lichterfelde, Zehlendorferstr. 41/44.
— Prof. Raoul Pictet, C., Neue Promenade 3.
— Prof. Dr. M. Planck, W., Eisenacherstrasse 5.
— Prof. Dr. L. Pochhammer in Kiel.
— Dr. F. Pockels in Göttingen.
— Dr. F. Poske, SW., Hallesche Strasse 21.
— Prof. Dr. W. Preyer, W., Nollendorfplatz 1.
— Dr. E. Pringsheim, NW., Kronprinzenufer 25.
— Prof. Dr. N. Pringsheim, W., Königin Augusta-Strasse 49.
— Dr. M. Prytz in Kopenhagen, Falkonergaardsvej 12.
— Prof. Dr. G. Quincke in Heidelberg.
— Dr. R. Radau in Paris.
— Dr. A. Raps, NW., Neue Wilhelmstrasse 16 a.
— Prof. Dr. Recknagel in Kaiserslautern.
— Prof. Dr. O. Reichel in Charlottenburg, Berlinerstrasse 90.
— Dr. W. Reiss, W., Kurfürstenstrasse 98.
— Dr. F. Richarz in Endenich bei Bonn.
— Dr. E. Richter, Charlottenburg, Kantstrasse 52.
— Prof. Dr. E. Riecke in Göttingen.
— Dr. R. Ritter, NW., Herwarthstrasse 3 a.
— Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlstrasse 24.
— Prof. Dr. J. Rosenthal in Erlangen.
— Director Dr. F. Roth in Leipzig.
— Dr. H. Rubens, W., Bellevuestrasse 15.
— Prof. Dr. Fr. Rüdorff in Charlottenburg, Marchstrasse 7 e.
— Prof. Dr. Rühlmann in Chemnitz.
— Prof. Dr. C. Runge in Hannover.
— Prof. Dr. Saalschütz in Königsberg in Pr.
— Dr. P. Schapheitlin in Charlottenburg, Joachimthalerstr. 1.
— Dr. K. Scheel in Charlottenburg, Marchstrasse 25.

Hr. Dr. J. Scheiner in Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. R. Schelske, NW., Beethovenstrasse 3.
— Dr. V. Schemmel, SW., Teltowerstrasse 47/48.
— Dr. Schenk, SW., Grossbeerenstrasse 17a.
— Prof. Dr. K. Schering in Darmstadt.
— M. Schlegel, W., Bellevue 15.
— Dr. Schönach in Innsbruck.
— Prof. Dr. J. Scholz, S. Hasenheide 54.
— Dr. P. Scholz in Steglitz.
— F. Schotte, SW., Grossbeerenstrasse 27a.
— Dr. P. Schottländer in Charlottenburg, Göthestrasse 87.
— Dr. Schülke in Osterode in O./Pr.
— Dr. F. Schulze-Berge in New-York, Menlo Park.
— Prof. Dr. A. Schumann, SW., Wartenburgstrasse 21.
— Prof. Dr. B. Schwalbe, NW., Georgenstrasse 30/31.
— R. Seebold, W., Landgrafenstrasse 16.
— Dr. Sell in Charlottenburg, Schlüterstrasse 73.
— Dr. G. Sieben in Gross-Lichterfelde.
— Wil. v. Siemens, W., Königgrätzerstrasse 2/3.
— Prof. Dr. P. Silow in Warschau.
— Dr. W. Sklarek, W., Lützowstrasse 63.
— Prof. Dr. A. Slaby in Charlottenburg, Sophienstrasse 4.
— Dr. P. Spies, NW., Brückenallee 35.
— Prof. Dr. G. Spörer in Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Prof. Dr. A. Sprung, in Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Dr. F. M. Stapff in Weissensee, Berlinerstrasse 3.
— Dr. Steiner in Erlangen.
— Prof. Dr. F. Stenger in Dresden.
— Dr. K. Strecker, W., Bülowstrasse 51.
— Prof. Dr. V. Strouhal in Prag, Clementinum.
— Dr. R. Süring in Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Dr. Theurer in Prag.

Hr. Prof. Dr. M. Thiesen in Friedrichshagen, Ahornallee 10.
— Dr. B. v. Tietzen-Hennig, NW., Cuxhavenerstrasse 5.
— Prof. H. Thurein, N., Chausseestrasse 40.
— Prof. Dr. J. Tyndall in London, Albemarlestreet 22.
— Dr. Fr. Vettin, SW., Bernburgerstrasse 24.
— Prof. Dr. R. Virchow, W., Schellingstrasse 10.
— Prof. Dr. H. C. Vogel in Potsdam, Astrophysikal. Observat.
— Prof. Dr. H. W. Vogel, W., Kurfürstenstrasse 124.
— Prof. Dr. P. Volkmann in Königsberg i. Pr.
— Dr. E. Wagner in Breslau.
— Prof. Dr. E. Warburg in Freiburg i. Br.
— Prof. Dr. A. Wangerin in Halle a. S., Burgstrasse 27.
— Dr. C. L. Weber in München, Briennerstrasse 35.
— Prof. Dr. H. F. Weber in Zürich.
— Prof. Dr. L. Weber in Kiel.
— Dr. W. Wedding, W., Lützowplatz 10.
— Prof. Dr. K. Weierstrass, W., Friedrich Wilhelmstrasse 14.
— Prof. Dr. J. Weingarten, W., Regentenstrasse 14.
— Dr. B. Weinstein, S., Urbanstr. 1.
— Dr. C. Weltzien in Zehlendorf.
— Dr. K. Wesendonck, W., Wilhelmstrasse 66.
— F. Wiebe, W., Burggrafenstr. 8.
— Dr. E. Wiechert in Königsberg i. Pr.
— Prof. Dr. G. Wiedemann in Leipzig, Thalstrasse 35.
— Prof. Dr. E. Wiedemann in Erlangen.
— Dr. W. Wien in Westend bei Berlin, Rüsternalle 8.
— Dr. O. Wiener in Strassburg i. E.
— Dr. J. Wilsing in Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. W. Wolff in Charlottenburg, Joachimsthalerstr. 43.
— Prof. Dr. J. Worpitzky, N., Krausnikstrasse 19.
— Prof. Dr. A. Wüllner in Aachen.
— R. Wurtzel, NW., Luisenstr. 62.
— Prof. Dr. W. v. Zahn in Leipzig.

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

im Jahre 1893.

Zwölfter Jahrgang.

Herausgegeben

von

Arthur König.



Leipzig, 1894.

Verlag von Johann Ambrosius Barth.

(Arthur Meiner.)

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhaltsverzeichniss *).

---

*) Ueber die mit einem * versehenen Vorträge ist kein Referat gegeben.

Jahrg. 12. Nr. 1.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Fortschritte der Physik.

Der unter obigem Titel seit 1845 von der physikalischen Gesellschaft zu Berlin herausgegebene Jahresbericht soll von nun an in derartig veränderter Weise erscheinen, dass neben Aufarbeitung der noch ausstehenden Bände für 1888 bis 1892 die folgenden Jahrgänge von 1893 an stets im Laufe des auf das Berichtsjahr folgenden Jahres herauskommen. An die Herren Fachgenossen richten wir daher die Bitte, dies beschleunigte Erscheinen der Zeitschrift dadurch unterstützen zu wollen, dass Separatabzüge der im Gesammtgebiet der Physik erscheinenden Arbeiten thunlichst frühzeitig an die Verlagshandlung von Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig oder auch an die physikalische Gesellschaft zu Berlin NW, Neue Wilhelmstrasse 16a, eingesendet werden.

Sitzung vom 6. Januar 1893.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **R. Pictet** schilderte Versuche, welche die Hrn. Sarasin und de la Rive in Genf über electrische Schwingungen angestellt haben.

Herr **H. W. Vogel** sprach dann:

Ueber eine neue Methode der vervielfältigenden Photographie in Naturfarbe.

Ueber diesen Gegenstand hatte ich bereits die Ehre, der phys. Gesellschaft am 17. Juni 1892 unter Vorlage zahlreicher Leimdruckproben Mittheilung zu machen.

Diese auch anderorts vorgelegten Farbendrucke haben nicht nur verschiedene Nachahmungen veranlasst, wie das bei jeder vielversprechend erscheinenden Erfindung eintritt, sondern es sind auch Interessenten für die Sache eingetreten, welche den Wirkungskreis derselben zu erweitern suchten. Der Druck von einer Leimplatte (vulgo Lichtdruckplatte) ist bis jetzt nicht

geeignet zum Buchdruck d. h. zur Herstellung von Druckplatten die ähnlich wie ein Letternsatz abgedruckt werden können.

Solche Illustrationen sind aber jetzt für Kunst, Wissenschaft, Industrie und Leben von höchster Bedeutung geworden, schon wegen der grossartigen Lieferungsfähigkeit; denn eine Buchdruckschnellpresse liefert an einem Tage so viel Tausende als eine Leimdruck(Lichtdruck)presse Hunderte. Noch vor 50 Jahren waren physikalische und andere naturwissenschaftliche Lehrbücher mit Abbildungen im Texte eine Seltenheit. Vieweg & Sohn in Braunschweig waren wohl die ersten, die ein Personal von Holzschneidern heranzogen, das ihnen durch Schneiden von Holzstöcken, welche die zu druckende Figur in Hochrelief (ähnlich dem Letternsatz) darstellte, lieferte. Diesen mitten im Text hergestellten Abbildungen verdankt der Vieweg'sche Verlag seine ungeheure Popularität.

Freilich ist die Arbeit des Holzschneiders nicht billig; sie wird um so theurer, je künstlerischer die Ausführung ist, so kostet ein solcher künstlerisch ausgeführter Holzschnitt von 7 × 8 cm Grösse an 150 Mk. Wesentlich billiger sind die rein schematisch in Linien ausgeführten Figuren in physikalischen und chemischen Lehrbüchern.

Zieht man nun die zahlreichen Fälle der neuern illustrirten Zeitungen heran, die grossartige Tafeln von 50 cm und mehr in künstlerischer Ausführung bringen, so wird man begreifen, wie hoch das Anlagekapital zur Herstellung einer einzigen Nummer solcher Zeitung ist. Nur die Masse d. h. eine zahlreiche Abonnentenschaar kann solche Unkosten decken.

Schon lange hat man sich deshalb bemüht, den Zeichner und Holzschneider zu umgehen und zwar durch Anwendung der Photographie. Die ersten Versuche der Art reichen zurück bis zum Jahre 1827, wo Nicephore Nièpce mit einem sogenannten heliographischen Verfahren hervortrat, welches erlaubte, mit Hülfe des Lichtes Kupferstichplatten herzustellen, ohne eines Zeichners zu bedürfen. Er hatte entdeckt, dass eine Asphaltschicht, wie man sie leicht durch Uebergiessen einer Kupferplatte mit einer Asphaltterpentinöllösung und Trocknen herstellen kann, im Lichte unlöslich (in Terpentinöl) wird.

Setzt man solche Platte unter einer Zeichnung dem Lichte aus, so halten die schwarzen Striche das Licht zurück, der



Asphalt bleibt unter denselben löslich, die weissen Stellen der Zeichnung lassen dagegen das Licht hindurchgehen, sodass hier der Asphalt unlöslich gemacht wird.

Wäscht man solche belichtete Platte alsdann mit Terpentinöl, so wird nur der löslich gebliebene Asphalt weggenommen und dadurch die Platte an allen Stellen, die durch Striche gedeckt waren, blosgelegt und dem Angriffe von Säuren (Aetze) zugänglich gemacht. So entsteht ein vertieftes Bild auf der Platte, völlig analog den bekannten durch Dürer erfundenen Radirungen. Solche vertiefte Platte kann auch, ähnlich wie eine radirte Platte, in der Kupferdruckpresse abgedruckt werden.

Ganz anders wird das Resultat, wenn man von der Originalzeichnung ein negatives Bild in gewöhnlicher photographischer Manier aufnimmt. In dem Negativ sind alle schwarzen Striche der Zeichnung durchsichtig, der weisse Grund dagegen undurchsichtig. Deckt man solches Negativ auf eine Asphaltschicht, so werden die unter den durchsichtigen Strichen liegenden Stellen unlöslich, die anderen nicht. So bleibt beim Waschen der Schicht mit Terpentinöl ein unlösliches Bild in Asphalt zurück. Wird dieses mit Säure (Aetze) behandelt, so schützen die Striche das Metall vor Angriff der Säure, sie bleiben, indem die Säure alle blanken nebenliegenden Stellen auflöst, als höher ragendes Relief stehen und bilden so das Analogon eines Holzstockes für die Buchdruckpresse.[1])

In dieser Weise z. B. sind die Druckplatten von Andree's geographischem Atlas hergestellt durch photographische Aufnahmen vorzüglicher Originalzeichnungen. 80 Karten sind hier für den billigen Preis von 20 Mk. geliefert. Solcher Preis könnte nimmermehr mit Hülfe des Holzschnittes erzielt werden. Dazu kommt die Schnelligkeit, mit welcher photographisch eine solche Druckplatte zu erzielen ist. Ein Holzstecher würde wochenlang daran zu thun haben; endlich die Treue der Wiedergabe, die photographisch leicht in verschiedenen Grössen erfolgen kann.

1) Der Sachkundige weiss, wie hierbei, um ein Unterätzen (Wegätzen) der feineren Striche zu vermeiden, noch verschiedene Vorsichtsmaassregeln getroffen werden müssen, auf welche hier nicht eingegangen werden kann. Dass man die Asphaltschicht auch durch eine Leimchromatschicht ersetzen kann, die viel empfindlicher als Asphalt ist, setze ich als bekannt voraus (H. W. Vogel, Lehrb. der Photogr. Berlin 1890, p. 99 etc.).



Natürlich machte man alsbald den Versuch, auch photographische Originalaufnahmen nach der Natur in dieser Weise zur Herstellung einer Buchdruckplatte (Hochdruckplatte) zu benutzen.

Hier stellten sich jedoch eigenartige Hindernisse ein. Ein Bild auf asphaltirtem Metall nach einem Original negativ zu erhalten, war nicht schwer. Man bemerkte bald, dass der Uebergang von Licht und Schatten (Halbton) in solchen Bildern aus dünnen und dicken zusammenhängenden Lagen von Asphalt bestand. Die nunmehr nothwendige Aetzung ergab aber, dass die dünnere Lage von Asphalt die Säure ebenso gut abhielt, wie die dickere. Der Halbton stellte sich daher nach der Aetzung nicht mehr als Halbton, sondern als eine einzige hoch herausstehende Fläche dar, die gleichförmig schwarz druckte.

Schon in dem Anfange der sechziger Jahre machte man in der hiesigen Reichsdruckerei Versuche, diesen Uebelstand zu überwinden, indem man den Halbton in Striche und Punkte zu zerlegen suchte. Man copirte das Negativ auf Asphalt, legte aber ein Netz dazwischen, dessen undurchsichtige Striche die Wirkung des Lichtes verhinderten; so bekam man als Copie ein durch ein Netz gebrochenes Asphaltbild, in welchem der durch das Netz gebrochene Halbton sich der Aetzung an den durchsichtigen Netzstellen bereits zugänglicher erwies. Dennoch war das Resultat noch nicht zufriedenstellend. In die Litteratur gelangte über die betreffenden Versuche nichts. Aus einer Probe, die Autor im Jahre 1864 sah, ging hervor, dass das Netz eine Maschenweite von fast 1 mm hatte.

Anders ging nun Meisenbach zu Werke, der nach verschiedenen Versuchen ein auf Glas hergestelltes Netzwerk vor die photographische Aufnahmeplatte setzte und dadurch ein durch ein Netz gebrochenes Negativ erhielt. Er nahm ein Netz von viel engeren Maschen (4 Linien auf den Millimeter) und erreichte es in einer mechanischen Weise, die ich in meinem Handbuch der Photographie Bd. I, p. 111 auseinandergesetzt habe, dass die Netzpunkte in dem Schatten des Originals ausbleiben, in dem Halbtone sich um so dichter zusammendrängten, je dunkler der Ton ist, um endlich nach dem Lichte hin dünner zu werden, ganz entsprechend den Strich- und Punktlagen der Zeichner oder Holzschneider.

Dieses Lichtzinkhochdruckverfahren hat nun eine ungemeine Popularität gewonnen. Unter dem seltsamen Namen Autotypie fand es alsbald seinen Weg 1881 von München nach Wien, dann nach Berlin und endlich ins Ausland.

Bei der praktischen Ausübung ergaben sich mancherlei Handgriffe, die hier nicht speciell geschildert werden können, deren Anwendung aber die Veranlassung bildet, dass manche „Autotypisten" es zu einer ausserordentlich künstlerischen Wirkung brachten. Zu diesen gehörte von Ausländern in erster Linie der Deutsche KURTZ in Newyork. Derselbe brachte dem Lichtfarbendruck ein (vgl. meine Abhandlung, Juni 1892) so lebhaftes Interesse entgegen, dass er die Anwendung desselben im Buchdruck durchzuführen beschloss. Mein Sohn Dr. E. VOGEL ging zu diesem Zwecke 1892 nach Newyork. Das Resultat seiner vierteljährigen Arbeit mit KURTZ sind die vorliegenden Naturfarbenbuchdrucke. — Redner legt verschiedene solcher Aufnahmen theils nach Aquarell und Oelbildern, theils nach der Natur (Fruchtstücke) vor.

Das Eigenartige des KURTZ'schen Verfahrens besteht darin, dass er auf ein Netzwerk, wie es bis dahin in der Autotypie üblich war, verzichtet, und sich einer Linienplatte (Gitter) bedient, welche vor die Aufnahmeplatte gestellt wird. Diese Linienplatte wird nun für jede folgende Platte (es sind drei nöthig, eine roth-, blau- und gelbempfindliche) um einen gewissen Winkel gedreht, der im vorliegenden Beispiele 45 und 90″ beträgt und dadurch drei Negative erhalten, die auf Zink copirt und geätzt, dann mit den entsprechenden Farben abgedruckt den Naturfarbenbuchdruck liefern. KURTZ' Resultate haben auch andere angespornt, ähnliches zu machen.

Da über die angewendeten Verfahren noch nichts in die Oeffentlichkeit gelangt ist, bin ich nicht in der Lage, darüber genaueres mitzutheilen.

Sicher ist aber, dass wir nunmehr im Stande sind, durch die ungleich rascher arbeitende Buchdruckpresse Farbendrucke mit grosser Annäherung an die Naturwahrheit zu liefern, welche die Anerkennung von Künstlern allerersten Ranges gefunden haben.

In Newyork wird das Verfahren bereits praktisch ausgeübt. Die Vorbereitungen zur Ausübung in Deutschland und England sind im vollen Gange.

Sitzung vom 20. Januar 1893.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **Haentzschel** spricht

zur Potentialtheorie

und berichtet insbesondere über einige Untersuchungen, die er über die Frage angestellt hat, für welche Körper ist es möglich, bei der Berechnung des Potentials die Potentialgleichung

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = 0$$

auf gewöhnliche Differentialgleichungen zu reduciren? Während nach den Entwickelungen des Hrn. A. Wangerin dies nur für solche Rotationskörper ausführbar ist, deren Meridiancurve die ebene algebraische Isothermencurve

$$(1)\quad (x^2 + r^2)^2 + A\,x\,(x^2 + r^2) + B\,(x^2 + r^2) + C\,x^2 + D\,x + E = 0$$

ist, weist der Vortragende auf die Arbeit des Hrn. H. A. Schwarz hin, die sich in ihrem Endresultat mit der von Hrn. Wangerin deckt und nach der jede ebene algebraische Isotherme, die durch die Gleichungen

$$(2)\quad x + i\,r = F(t + i\,u) \text{ und } F'^2(t + i\,u) = A_1\,F^4 + B_1\,F^3 + C_1\,F^2 + B'_1\,F + A'_1$$

definirt ist, eine Meridiancurve für die gedachten Rotationskörper liefert. Als Fundamentalcurve wird das cartesische Oval erkannt:

$$x^2 + r^2)^2 - 4\,x\,(x^2 + r^2)\,\varrho - 4\,(x^2 + r^2)\left(\varrho^2 - \frac{g_2}{8}\right) + 4\,x^2\,\varrho^2 + 2\,x\left(\frac{g_2}{2}\,\varrho + g_3\right) + \left(g_3\,\varrho + \frac{g_2^2}{16}\right) = 0,$$

das durch eine Inversion mit reellen Coefficienten die oben angegebene Curve (1) des Hrn. Wangerin, durch eine solche mit complexen Coefficienten die Curve

$$(3)\quad A\,(x^2 + r^2)^2 + B\,x\,(x^2 + r^2) + C\,r\,(x^2 + r^2) + D\,x^2 + E\,r^2 + F\,x\,r + G\,x + H\,r + J = 0$$

liefert. Aus der letzteren gehen, wenn $r = \sqrt{y^2 + z^2}$ gesetzt wird, Rotationskörper 8. Ordnung hervor. Ein von Hrn. Weierstrass für (2) gegebener Integralausdruck, im Sinne der

conformen Abbildung gedeutet, liefert sogar Curven 16. Ordnung, denen Rotationskörper von der 32. Ordnung entsprechen. Wird die Transformationstheorie der elliptischen Functionen auf (2) angewandt, so erkennt man, dass die Zahl der Meridiancurven leicht ins unbegrenzte gesteigert werden kann. Werden die entsprechenden Rotationskörper als Sonderfälle von gewissen dreiachsigen Körpern aufgefasst, so ersieht man, dass den Rotationskörpern, deren Meridiancurve durch Gleichung (1) gegeben ist, das dreifach-orthogonale Darboux'sche Cyclidensystem zuzuordnen ist; letzteres ist also als der Grenzfall neuer orthogonaler Flächensysteme anzusehen, die für die Physik die Bedeutung von Isothermenflächen haben.

Was die analytische Seite des Problems betrifft, so wird darauf hingewiesen, dass für Rotationskörper die Lösung desselben von der Untersuchung der Lamé-Wangerin'schen Functionen 2. Ordnung abhängt, von denen zwei Typen unterschieden werden. Die vom ersten Typus sind durch die Differentialgleichung

$$\frac{d^2 y}{d u^2} = \left\{ (m^2 - \tfrac{1}{4})(p u - e_\lambda) - h^2 \right\} y$$

gegeben, welche an der Grenze für $e_\varkappa = e_\lambda$ in die reducirte Form der Differentialgleichung der Laplace'schen bezw. Kugelfunctionen übergeht, bei einem weiteren Grenzübergang für $e_\iota = e_\varkappa = e_\lambda = 0$ die reducirte Form der Differentialgleichung der Bessel'schen Functionen ergiebt; diejenigen vom zweiten Typus sind durch die Gleichung

$$\frac{d^2 y}{d u^2} = \left\{ (m^2 - \tfrac{1}{4}) \frac{(e_\lambda - e_\iota)(e_\lambda - e_\varkappa)}{p u - e_\lambda} - h^2 \right\} y$$

gegeben, die an der Grenze die Exponentalfunction definirt. Es bedeutet dabei $p u$ die von Hrn. Weierstrass definirte Function. — Es werden Resultate angedeutet, die sich auf die Lamé'schen Functionen höherer Ordnung beziehen und eine Verallgemeinerung der Untersuchungen des Hrn. Hermite darstellen, die derselbe über die Lamé-Hermite'schen Functionen zweiter Ordnung angestellt hat. — Schliesslich wird der Begriff der Cylinderfunction höherer Ordnung gegeben und im besonderen darauf hingewiesen, dass die Function des elliptischen Cylinders in convergente trigonometrische Reihen nicht entwickelt werden kann — einen von Hrn. Bruns behandelten

Sonderfall ausgenommen — und dass die Reihen in HEINES Handbuch der Kugelfunctionen, Theil I, falsch sind.

Auf eine Anfrage des Hrn. HAMBURGER, den letzteren Punkt betreffend, erklärt der Vortragende, dass er für die Function des elliptischen Cylinders gerade solche divergente Reihenentwickelungen erhalten habe, wie Hr. POINCARÉ bei seinen allgemeineren Untersuchungen.

Die ausführlichere Darstellung des soeben Gegebenen findet sich in den „Studien über die Reduction der Potentialgleichung auf gewöhnliche Differentialgleichungen. Ein Anhang zu HEINE's Handbuch der Kugelfunctionen. Berlin, 1893, Georg Reimer“, welche Abhandlung des Vortragenden demnächst erscheinen wird.

Hr. **M. Planck** demonstrirte

ein neues Harmonium in natürlicher Stimmung nach dem System von C. EITZ.

Das Instrument ist von Hrn. CARL EITZ in Eisleben construirt, von der Pianofortefabrik SCHIEDMAYER in Stuttgart im Auftrag der preussischen Staatsregierung erbaut und dem Institut für theoretische Physik in Berlin überwiesen worden, wo es mit gütiger Erlaubniss des Hrn. A. KUNDT im physikalischen Institut der Universität aufgestellt ist.

Der Umfang beträgt $4\frac{1}{2}$ Octaven: vom Contra *F* bis zum dreigestrichenen *c*. Jede Octave enthält 104 verschiedene Töne, welche in folgendem Schema[1]) veranschaulicht sind.

Jede Horizontalreihe enthält reine Quinten bez. Quarten, jede nach rechts aufsteigende Diagonalreihe grosse Terzen bez. kleine Sexten, und daher jede nach rechts absteigende Diagonalreihe kleine Terzen bez. grosse Sexten. Die Exponenten 0, + 1, — 1.... beziehen sich auf die Tonunterschiede in Vielfachen eines syntonischen Komma (81/80). Auch das pythagoräische Komma (ca. 74/73) lässt sich auf dem Instrument angeben, z. B. $as^0\, gis^0$, ebenso das Schisma (ca. 887/886), z. B. $f^0\, eis^{-1}$,

---

1) Vgl. A. v. Oettingen, Harmoniesystem in dualer Entwickelung, 1866; S. Tanaka, Studien im Gebiete der reinen Stimmung, 1890; C. Eitz, Das mathematisch-reine Tonsystem, 1891.



nahezu auch die natürliche Septime (7/4), z. B. $g^0 f^{-1}$, welches Intervall noch um ca. 301/300 zu gross ist.

Zur Hervorbringung dieser 104 Töne dienen 52 Tasten in der Octave, von denen 13 grün, 13 blau, 13 weiss und 13 roth gefärbt sind. Die grünen Tasten geben die 13 Töne der Quintenreihe I oder die der Quintenreihe V, je nach der Stellung eines Zuges, indem jede Taste auf einen der in correspondirender Lage befindlichen Töne beider Reihen anspricht (z. B. auf gis^{-4} oder auf as^0), die blauen Tasten geben die Töne der Reihe II oder die der Reihe VI, die weissen die Töne der Reihe III oder der Reihe VII, und die rothen die der Reihe IV oder der Reihe VIII. Man kann also durch Registerstellung 4 beliebige Quintenreihen, die verschiedenfarbigen Tasten entsprechen, miteinander combiniren.

Die Anordnung der Tasten auf dem Manual richtet sich nach der Tonhöhe, wie auf den gewöhnlichen temperirten Instrumenten, indem die Tasten mit nur kommatisch verschiedenen Tönen (z. B. c^{-1} c^0 c^{+1} his^{-2}) hintereinander angebracht sind. Der Mechanismus functionirt zufriedenstellend, die Spielart ist bei bei einiger Uebung verhältnissmässig bequem.

Der Vortragende besprach sodann einige beim Studium des Instruments gesammelte Erfahrungen von musikalischer Bedeutung, mit deren weiterer Ausarbeitung er gegenwärtig noch beschäftigt ist, und belegte dieselben durch verschiedene Beispiele.

I	gis^{-4}	dis^{-4}	ais^{-4}	eis^{-4}	his^{-4}	$fisis^{-4}$	$cisis^{-4}$	$gisis^{-4}$	$disis^{-4}$	$aisis^{-4}$	$eisis^{-4}$	$hisis^{-4}$	$fisisis^{-4}$
II	h^{-3}	fis^{-3}	cis^{-3}	gis^{-3}	dis^{-3}	ais^{-3}	eis^{-3}	his^{-3}	$fisis^{-3}$	$cisis^{-3}$	$gisis^{-3}$	$disis^{-3}$	$aisis^{-3}$
III	d^{-2}	a^{-2}	e^{-2}	h^{-2}	fis^{-2}	cis^{-2}	gis^{-2}	dis^{-2}	ais^{-2}	eis^{-2}	his^{-2}	$fisis^{-2}$	$cisis^{-2}$
IV	f^{-1}	c^{-1}	g^{-1}	d^{-1}	a^{-1}	e^{-1}	h^{-1}	fis^{-1}	cis^{-1}	gis^{-1}	dis^{-1}	ais^{-1}	eis^{-1}
V	as^0	es^0	b^0	f^0	c^0	g^0	d^0	a^0	e^0	h^0	fis^0	cis^0	gis^0
VI	ces^{+1}	ges^{+1}	des^{+1}	as^{+1}	es^{+1}	b^{+1}	f^{+1}	c^{+1}	g^{+1}	d^{+1}	a^{+1}	e^{+1}	h^{+1}
VII	$eses^{+2}$	bb^{+2}	fes^{+2}	ces^{+2}	ges^{+2}	des^{+2}	as^{+2}	es^{+2}	b^{+2}	f^{+2}	c^{+2}	g^{+2}	d^{+2}
VIII	$geses^{+3}$	$deses^{+3}$	$ases^{+3}$	$eses^{+3}$	bb^{+3}	fes^{+3}	ces^{+3}	ges^{+3}	des^{+3}	as^{+3}	es^{+3}	b^{+3}	f^{+3}

Sitzung vom 10. Februar 1893.

Vorsitzender: Hr. A. KUNDT, dann Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Die Gesellschaft beschliesst einstimmig ihren Ehrenvorsitzenden Hrn. E. DU BOIS-REYMOND am 11. Februar durch eine Adresse zu begrüssen und genehmigt deren Wortlaut in folgender von Hrn. **A. König** vorgeschlagenen Fassung.

Hochgeehrter Herr!

In der grossen Schaar, die sich Ihnen am heutigen Tage glückwünschend naht, stehen mit Recht die Vertreter der biologisch-medicinischen Wissenschaften in vorderster Reihe; ist es doch die medicinische Doctorwürde, welche heute nach einem halben Jahrhundert feierlich erneuert wird.

Wenn nun aber auch die Physik Sie für sich in Anspruch nimmt, so hat sie darauf ein festgegründetes gleichsam historisches Anrecht. Denn sie kann dankbaren Sinnes daran erinnern, dass bereits Ihr Vater FELIX HENRI DU BOIS-REYMOND in der ersten physikalischen Vorlesung an der neugegründeten Berliner Universität als Assistent zugegen war, und sie begrüsst in Ihnen einen der Stifter und den nunmehrigen Ehrenvorsitzenden der Berliner Physikalischen Gesellschaft.

Schon Ihre erste Arbeit „Ueber den Froschstrom und die electromotorischen Fische“ lehrte zugleich mit der dasselbe Thema geschichtlich behandelnden Dissertation, dass die Richtung Ihrer Studien wesentlich eine physikalische war.

Dasselbe Gebiet, welches GALVANI, ALEXANDER VON HUMBOLDT und NOBILI, ersten Entdeckungsreisenden in entlegenen Ländern gleich, auf schmalen Pfaden nur an der Grenze betreten hatten, ward von Ihnen in stets siegreichem, freilich keineswegs mühelosem Eroberungszuge nach allen Richtungen durchstreift und schnell wurde die Electrophysiologie unter Ihren Händen zu einer wohlangebauten, bis in ferne Zeiten vollen Ertrag versprechenden Provinz, die, zwischen Physik und Physiologie gelegen, von beiden als ihrem Reiche angehörig betrachtet wird.

Viel zu weit würde es führen, dessen im Einzelnen zu gedenken, was Sie an Methoden und Apparaten ersannen, an letzteren grossentheils sogar zum erstenmale mit eigener Hand

erbauten. Fast könnte man sagen, die physikalischen Gewinnste Ihrer Arbeit seien so sehr in die Praxis des Experimentirtisches und des Laboratoriums übergegangen, dass man sie als etwas Selbstverständliches nimmt und nicht mehr nach ihrem Ursprunge fragt. Wie wenige des heute aufstrebenden Geschlechtes denken noch daran, dass erst durch Ihren Scharfsinn und Ihre Ausdauer der Multiplicator mit dem stromprüfenden Froschpräparat an Empfindlichkeit wetteifern kann, dass Ihr Auge zuerst an dem aperiodisch schwingenden Bussolenspiegel stetig sich ändernde Stromintensitäten auch stetig verfolgte.

Gelehrte Gesellschaften aber haben die schöne Pflicht, strenge Hüterinnen historischen Sinnes zu sein. Freudig und stolz erinnern wir uns und die Mitwelt daran, was Ihnen die Wissenschaft schuldet.

Wohl haben Sie einst im Verein mit gleichstrebenden Jugendgenossen die Lebenskraft, den rhodischen Genius der Alten, verbannt, wir nehmen jedoch am heutigen Tage das schöne Gleichniss wieder auf und wünschen aus vollem Herzen, möge bei Ihnen noch lange der rhodische Genius seine lodernde Fackel drohend erheben, möge seines Auges Herrscherblick Sie noch lange erhalten der Menschheit und unserer Gesellschaft zum Stolz.

Berlin, den 11. Februar 1893.

Die Physikalische Gesellschaft zu Berlin.

Hr. A. **Raps** demonstrirte

ein photographisches Registrir-Instrument.

Hr. A. **Kundt** projicirte

zwei von Hrn. G. Lippmann hergestellte farbige Photographien.

Hr. A. **Kundt** sprach dann

über den Einfluss der Temperatur auf die electromagnetische Drehung der Polarisationsebene des Lichtes in Eisen, Kobalt und Nickel.

Sitzung vom 24. Februar 1893.

Vorsitzender: (i. V.) Hr. B. SCHWALBE.

Hr. **A. Raps** demonstrirte

eine selbstthätige Blutgaspumpe,

die er nach gemeinsamen mit Hrn. **A. Kossel** ausgeführten Versuchen construirt hat.

Hr. **F. Richarz** sprach darauf

über das Gesetz von DULONG und PETIT.

Der Inhalt des Vortrages wird ausführlich in Wied. Ann. veröffentlicht werden.

Hr. **Th. Gross** spricht dann

über die Hauptsätze der Energielehre.

Das Princip von der Erhaltung der Energie ist ein unbedingtes Kriterium für die Möglichkeit jeder Naturauffassung, aber es bestimmt seinem Wortlaute nach nicht, in welcher Richtung die Energieverwandlungen erfolgen. In dieser Beziehung suchen der sogenannte Grundsatz von CLAUSIUS und der ihm verwandte von THOMSON, auf deren Unterschiede ich hier nicht einzugehen brauche, eine Ergänzung zu geben. Nach dem ersteren kann ein Wärmeübergang aus einem kälteren in einen wärmeren Körper nicht ohne Compensation durch eine andere gleichzeitig erfolgende Aenderung stattfinden, wogegen der entgegengesetzte Uebergang uncompensirt möglich sein soll. CLAUSIUS benutzt diesen Satz erstens zu seiner Erörterung der Kreisprocesse, über die ich in früheren Vorträgen gesprochen habe, und zweitens sucht er nach dem Vorgange von Sir W. THOMSON mittels dessen das schliessliche Ziel zu bestimmen, dem die Entwickelung der Natur zustreben soll. In der Natur sollen nämlich die uncompensirten die compensirten Energieverwandlungen überwiegen. und das Weltall dadurch allmählich in einen Zustand gelangen, „wo die Kräfte keine neuen Bewegungen mehr hervorbringen können und keine Temperaturdifferenzen mehr existiren.“

Diese Schlüsse dürften zu grossen erkenntnisstheoretischen Schwierigkeiten führen, worauf ich jedoch hier nicht eingehe; vielmehr will ich durch rein physikalische Erörterungen den richtigen Standpunkt zur Beurtheilung des CLAUSIUS'schen Satzes und damit zusammenhängender Probleme zu gewinnen suchen.

Es drängt sich sofort die Bemerkung auf, dass jener unverwandelbare Zustand, in den alle Energie übergehen soll, überhaupt nicht mehr Energie wäre. Würde von irgend einer Energieform, z. B. der Wärme, ein gewisser Betrag unbedingt unübertragbar, so könnte er weder durch die Empfindung wahrgenommen, noch mittels eines Thermometers gemessen werden und er hätte auch kein Arbeitsäquivalent, wofür keine Entschädigung dadurch gegeben wäre, dass er ein solches früher einmal hatte. Der angenommene unübertragbare Zustand besässe also nicht die wesentlichen Merkmale der Wärme genannten Energieform, und es wäre unberechtigt, ihn mit dieser durch irgendwelche Hypothese zu identificiren. Die Zunahme eines in der Natur etwa vorhandenen unübertragbaren Wärmequantums entspräche daher thatsächlich einem Energieverlust. Zu demselben Ergebnisse gelangt man auch durch rein analytische Erwägungen, indem man die Energie U eines isolirten Systems mittels des Princips der lebendigen Kräfte darstellt. Denn ist zur Zeit t W dessen verwandelbare lebendige Kraft, L dessen verwandelbare Arbeit, $c \geqq 0$ dessen unverwandelbare Energie, so ist $U = W + L + c =$ const., und $dU = dW + dL + dc = 0$. Da aber nach der Annahme c unverwandelbar ist, so hat dc ein Aequivalent weder in dW noch in dL und muss somit Null sein, oder es ist $c =$ const. Wenn also in einem isolirten Systeme unverwandelbare Energie vorhanden ist, so muss ihr Betrag constant sein. Die Annahme, dass sie sich ändert, kommt darauf hinaus, dass in der Gleichung $U =$ const. die Constante einen anderen Werth erhält, was mit einem Entstehen oder Verschwinden von Energie gleichbedeutend wäre.

In der Natur lässt sich nun jedes System zu einem isolirten ergänzen: denn ein System, das die Aequivalente aller darin betrachteter Energieänderungen enthält, ist in Bezug auf sie ein isolirtes. Die Natur kann daher als eine Summe

isolirter oder, wie ich sie lieber nennen will, vollständiger Systeme aufgefasst werden.

Wird der verwandelbare Betrag einer Energieform als ihre Actualität bezeichnet, so ergibt sich also aus dem Vorstehenden der Satz:

Die Actualität jeder Energieform ist constant.

Hieraus ist schon zu schliessen, dass in der Natur jeder Energieübergang durch einen entgegengesetzten compensirt wird; da dieser Schluss jedoch der Erfahrung zu widersprechen scheint, will ich das vorliegende Problem auf einem anderen Wege ausführlich erörtern.

Ich gehe wiederum von allgemeinen, aus dem Princip von der Erhaltung der Energie gezogenen Folgerungen aus.

Die Differenz zweier Energiewerthe ist wiederum Energie, denn beide Grössen sind Arbeiten äquivalent, deren Differenz ebenfalls eine Arbeit ist. Also fordert die Aenderung einer Energiedifferenz in einem isolirten Systeme ein sie compensirendes Aequivalent. Sind z. B. in einem solchen die beiden, in denselben Einheiten gemessenen Energiewerthe W_1, W_2 gegeben und nimmt W_1 um dW_1 ab und W_2 um dW_2 zu, wobei eine der beiden Aenderungen auch Null sein kann, so ändert sich die Differenz $W_1 - W_2$ um $dW_1 + dW_2$. Da aber die gesammte Energie des Systems constant ist, so muss entweder $dW_1 = -dW_2$ sein, wo denn keine Aenderung der genannten Differenz erfolgen würde, oder es ist mit $dW_1 + dW_2$ eine Aenderung verbunden, die äquivalent $-(dW_1 + dW_2)$ ist.

Geht Energie von einer Masse M_1 zu einer Masse M_2 über, mit der sie ein vollständiges System bildet, und es ändert sich dadurch die Differenz der Werthe, die die Energie auf M_1 und M_2 hat, so muss nach dem Vorigen eine den Uebergang compensirende Aenderung vorhanden sein. Bleibt die genannte Differenz constant, so ist also der Uebergang compensirt. Hiernach bedingt jeder Energieübergang in einem vollständigen Systeme eine Compensation, die entweder in ihm selbst enthalten ist, oder durch einen anderen Vorgang gegeben wird.

Die Erfahrung lehrt nun, dass Wärmeübergänge von höherer zu niedrigerer Temperatur „von selbst“ stattfinden können. Also ist mit Rücksicht auf das Vorstehende zu

schliessen, dass derartige Uebergänge ihre Compensation in sich selbst enthalten. Dieser Punkt ist jetzt näher zu untersuchen.

Da jeder Werth der absoluten Temperatur irgend eines Körpers durch die absolute Temperatur eines als Thermometer dienenden Luftvolumens gemessen werden kann, und in letzterem die absolute Temperatur der darin als solche enthaltenen Wärme oder auch deren Intensität, d. h. deren in der Masseneinheit enthaltenen Betrage, proportional anzunehmen ist; so können die absoluten Temperaturen aller Körper Wärmemengen proportional gesetzt werden. [1]) Ist also ϑ_1 die mittlere absolute Temperatur der Masse M_1 und c_1 eine positive Constante, so ist die in der Einheit von M_1 enthaltene wahrnehmbare Wärme gleich $c_1\, \vartheta_1$, deren in M_1 selbst enthaltener Betrag $W_1 = c_1\, \vartheta_1\, M_1$, und ein unendlich kleiner Theil $d\, W_1 = c_1\, \vartheta_1\, d\, M_1$ zu setzen. Dieser Ausdruck ist integrabel, da die Intensität als Function von M darstellbar ist. Wird M_1 eine unendlich kleine Wärmemenge zugeführt oder entzogen, so ändert sich seine Temperatur um $d\,\vartheta$; für diese Wärme wäre demnach eine mittlere Temperatur zwischen ϑ_1 und $\vartheta_1 \pm d\,\vartheta$ anzunehmen. Es ist aber bei Vernachlässigung unendlich kleiner Grössen höherer Ordnung $c_1\,(\vartheta_1 \pm d\,\vartheta)\, d\, M_1 = c_1\, \vartheta_1\, d\, M_1$; also gilt der Ausdruck auf der rechten Seite für die genannte Wärme. Ist ferner $\vartheta_2 < \vartheta_1$ die mittlere absolute Temperatur der Masse M_2, so ist für sie analog wie vorhin der Ausdruck $d\, W_2 = c_2\, \vartheta_2\, d\, M_2$ aufzustellen. Wird $\gamma\, c_1\, d\, M_1 = c_2\, d\, M_2$ gesetzt, worin γ eine positive endliche Grösse bezeichnet, so kann durch Ueberführung der Wärmemenge $\gamma\, c_1\, \vartheta_1\, d\, M_1 = c_2\, \vartheta_1\, d\, M_2$ von M_1 auf M_2 die Temperatur des letzteren um $d\,\vartheta$ erhöht werden. Da aber die Temperatur dieser Wärmemenge ϑ_1 ist, ss muss sie um $\vartheta_1 - \vartheta_2$ abnehmen. Setzt man $\vartheta_1 = n\, \vartheta_2$, worin $n > 1$ eine ganze oder gebrochene Zahl bedeutet, so ist $c_2\, \vartheta_1\, d\, M_2 = n\, c_2\, \vartheta_2\, d\, M_2$; es ist also bei der Ueberführung von M_1 auf M_2 die durch die linke Seite dieser Gleichung dargestellte Wärmegrösse von höherer Intensität in die ihr gleiche, auf

1) Da hiernach die Temperatur eine Wärmemenge ist, kann sie nicht als ein integrirender Divisor, d. h. als eine rein abstracte Grösse definirt werden.



der rechten Seite stehende von geringerer Intensität umzuformen, und es ist die Frage, ob das für sich und vollständig geschehen kann.

Die Wärmemenge $c_2 \vartheta_1 d M_2$ gehört zu der Masse $d M_2$; hat ihre Intensität abgenommen, so muss sie entweder zu einer grösseren Masse als vorhin gehören, oder sich in andere Energieformen verwandlen. Sinkt ihre Intensität von ϑ_1 auf $\vartheta_2 = 1 / n \vartheta_1$, so gehört demnach von der genannten Wärmemenge nur der Theil $c_2 \vartheta_2 d M_2$ als Wärme zu $d M_2$, während der Rest $(n-1) c_2 \vartheta_2 d M_2$ Verwandlungen erleidet, die einer $d M_2$ entzogenen Wärme äquivalent sind. Wird nun die $d M_2$ zugeführte Wärme $c_2 \vartheta_2 d M_2$ als positiv gerechnet, so ist die ihm entzogene negativ anzusetzen.

Bei dem Uebergange von Wärme von höherer zu niedrigerer Temperatur treten also positive und negative Wärmegrössen auf, und es ist nun festzustellen, welchen Vorgängen die letzteren entsprechen.

Die positiv gerechnete Wärmemenge $c_2 \vartheta_2 d M_2$ ging erstens von M_1 auf $d M_2$ und zweitens von höherer zu niedrigerer Temperatur über; da beide Uebergänge getrennt stattfinden können, kommt jedem von beiden unabhängig von dem anderen ein bestimmtes Vorzeichen zu. Soll die genannte Wärmemenge positiv sein, so ist jedem von beiden dasselbe Vorzeichen zu geben, und zwar möge es positiv sein. Die negative Grösse $-(n-1) c_2 \vartheta_2 d M_2$ muss dann einem Vorgange entsprechen, worin zwei entgegengesetzte Vorzeichen multiplicirt werden, d. h. einem positiven Uebergange in negativer Richtung oder einem negativen Uebergange in positiver Richtung.

Es könnte also in diesem Vorgange, wenn er ganz allgemein betrachtet wird, Wärme von $d M_2$ auf andere Massen (negativ) und zugleich von höherer zu niedrigerer Temperatur (positiv) übergehen. Ist aber, wie in jedem in der Natur vorhandenen Systeme, die Differenz zwischen der in ihm enthaltenen höchsten und niedrigsten Temperatur endlich, so muss darin mit jedem Wärmeübergange von höherer zu niedrigerer Temperatur ein entgegengesetzter, oder eine Verwandlung von Wärme in andere Energieformen verbunden sein. Geht z. B. $d W_1$ von M_1 und ϑ_1 zu M_2 und ϑ_2 über, und es entsteht dort $d W_2$, so ist $d W_1 + d W_2$ zu compensiren. Soll dieses durch

einen Wärmeübergang von höherer zu niedrigerer Temperatur geschehen, so ist dieser so darstellbar, dass M_2 $d W_2$ abgibt und dafür M_3 mit der Temperatur $\vartheta_3 < \vartheta_2$ $d W_1$ aufnimmt. Die Wärmeänderungen von M_2 heben sich dann auf und es bleibt nur der Uebergang von ϑ_1 zu ϑ_3 übrig, der wie derjenige von ϑ_1 zu ϑ_2 zu erörtern ist etc., sodass die Reihe der Wärmeübergänge von höherer zu niedrigerer Temperatur schliesslich zu der tiefsten Temperatur gelangt, wo denn die Compensation nur noch durch die Verwandlung der Wärme in solche von höherer Temperatur oder in andere Energieformen geschehen kann. Ist $\vartheta_2 > \vartheta_1$, so ist die Wärmemenge $c_2 \vartheta_1 d M_2$ negativ; da sie $d M_2$ zugeführt wird (positiv), aber von niedrigerer zu höherer Temperatur (negativ) übergeht. Sie ist also einer $d M_2$ entzogenen Wärmemenge gleichzusetzen; es muss daher, wenn in diesem Vorgange ϑ_2 steigen soll, noch eine positive Wärmemenge vorhanden sein, die auf $d M_2$ von höherer zu niedrigerer Temperatur übergeht, oder äquivalente Verwandlungen erleidet. Es hat sich also Folgendes ergeben.

Die Wärmeübergänge von höherer zu niedrigerer Temperatur bedingen nothwendig eine Compensation, deren Aequivalent sie aber in sich selbst enthalten, indem ein Theil der übergehenden Wärme sich in moleculare oder mechanische Arbeit oder in Wärme von höherer Temperatur verwandelt, oder den genannten äquivalente Umformungen erleidet. Die Wärmeübergänge von niedrigerer zu höherer Temperatur erfordern dagegen eine Compensation durch Vorgänge, die von ihnen verschieden sind.

Ist $\vartheta_1 = \vartheta_2$ und folglich $n = 1$, so wird $(n-1) c_2 \vartheta_2 d M_2 = 0$; bei Wärmeübergängen zwischen gleichen Temperaturen würden sich also die verschwindende und die entstehende Wärme compensiren.

Als sich compensirende Grössen sind hier die Wärmedifferenzen, die durch einen Wärmeübergang entstehen und deren Arbeitsäquivalente miteinander verglichen. Clausius dagegen bezeichnet bekanntlich als Verwandlungswerthe die Quotienten aus den abgegebenen oder aufgenommenen Wärmemengen und ihren absoluten Temperaturen. Doch ist die Clausius'sche Bestimmung leicht auf die obige allgemeinere

zurückzuführen. Denn werden $d W_1$, $d W_2$ durch Division mit ϑ_1, ϑ_2 auf die Einheit der Intensität reducirt, so stellt

$$\frac{d W_1}{\vartheta_1} + \frac{d W_2}{\vartheta_2},$$

oder in der üblichen Bezeichnungsweise

$$\frac{d Q_1}{\vartheta_1} + \frac{d Q_2}{\vartheta_2}$$

einen Wärmeübergang dar, wobei die Temperatur constant und der folglich, wie erwähnt, in sich compensirt ist. Ein solcher hat aber kein Arbeitsäquivalent, und es muss daher

$$\frac{d Q_1}{\vartheta_1} + \frac{d Q_2}{\vartheta_2} = 0$$

sein. Werden die Grössen $c_2 \vartheta_1 d M_2$ und $c_2 \vartheta_2 d M_2$, deren Differenz $(n - 1) c_2 \vartheta_2 d M_2$ einer aus Wärme entstandenen Arbeit äquivalent ist, durch ihre absoluten Temperaturen dividirt, so zeigt sich, dem Vorstehenden entsprechend, dass sie gleich sind. Ferner ist das Verhältniss der in Arbeit verwandelten zu der von $d M_2$ aufgenommenen Wärmemenge

$$n - 1 = \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} - 1$$

nur von den Temperaturen und nicht von der Natur der Massen abhängig. In der That müssen auch diese für Kreisprocesse festgestellten Resultate in dem isolirt angenommenen Systeme für jeden Vorgang gelten, da seine Energie constant, und demnach jeder Vorgang in ihm als ein Kreisprocess aufzufassen ist.

Analoges wie oben würde sich offenbar auch bei einer anderen Bestimmung der ursprünglichen, frei zu wählenden Vorzeichen ergeben.

Nimmt man an, dass M_1 und M_2 nur Wärme abgeben, bez. aufnehmen, dass der Wärmeübergang zwischen ihnen durch einen dritten Körper vermittelt wird, dessen endgültige Aenderung Null ist, und dass die aus Wärme entstehende Arbeit auf eine Masse übertragen wird, die nur Arbeitsänderungen erleidet, so hat man die Bedingungen, die bei der Darstellung der Kreisprocesse vorausgesetzt werden. Die oben entwickelten Resultate behalten auch für sie Geltung.

Die vorstehenden Erörterungen sind so wie auf die Wärme



auch auf die anderen Energieformen anzuwenden. Denn die Geltung der für die Wärmeübergänge abgeleiteten Formeln kann nicht von den gewählten Einheiten abhängen, und die Energiewerthe verschiedener Form sind durch ihr Wärmeäquivalent vollständig bestimmt darzustellen.

Der oben (p. 14) aufgestellte Satz kann nun auch in folgender Form ausgesprochen werden.

Alle Energieübergänge werden compensirt.

Es erklärt sich nun, dass die Wärme bei dem Uebergange von höherer zu niedrigerer Temperatur nicht vollständig in Arbeit verwandelt werden kann, sondern stets zum Theil als Wärme übergehen muss: denn der letztere Uebergang bietet die nothwendige Compensation der ersteren Verwandlung.

Nach den obigen Erörterungen ist die Entropie in einem isolirten oder vollständigen Systeme stets constant, ein Resultat, das sich auch ohne weiteres ergibt, wenn man daran festhält, dass die Wärme in dem Ausdrucke der Entropie eine von aussen zugeführte ist. Von einzelnen Physikern wird jedoch in besonderen Fällen eine Zunahme der Entropie isolirter Systeme angenommen.

So suchen sie die Hrn. Bertrand[1]) und Poincaré[2]) auf verschiedenen Wegen zu erweisen. Beide setzen jedoch dabei voraus, dass ein Wärmequantum von höherer zu niedrigerer Temperatur ohne Compensation übergehen kann, wogegen, wie oben gezeigt, dieser Vorgang seine Compensation in sich enthält, deren Aequivalent durch einen Theil der übergehenden Wärme geliefert wird. Hierdurch werden ihre Schlüsse hinfällig.[3])

1) Bertrand, Thermodynamique. Paris 1887. p. 268.

2) Poincaré, Thermodynamique. Paris 1892. p. 143.

3) Hr. Planck (Ueber den zweiten Hauptsatz der mechan. Wärmetheorie, München, Ackermann, 1879 u. Wied. Ann. **30.** p. 562. 1887) theilt sämmtliche natürliche Processe in „natürliche" und in „neutrale" ein und stellt sich die neutralen als solche vor, „für deren Endzustand die Natur die gleiche Vorliebe hat, wie für deren Anfangszustand", und die natürlichen als solche, „für deren Endzustand die Natur mehr Vorliebe hat, wie für den Anfangszustand". Bei den natürlichen Vorgängen soll die Entropie positiv sein. Zum Beweise betrachtet Hr. Planck als einen typischen Vorgang solcher Art die Ausdehnung eines vollkommenen Gases ohne Arbeitsleistung, wobei das Entropiedifferential

$$d S = R \frac{d v}{v}$$

Die ausführlichere Darstellung der Erörterungen meines Vortrages behalte ich mir vor.

Sitzung vom 10. März 1893.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **A. Kundt** spricht

über das Hall'sche Phänomen in Eisen, Kobalt und Nickel.

Der Inhalt des Vortrages ist bereits in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie veröffentlicht.

Hr. **W. Wien** trägt vor

über die Aenderung der Energievertheilung im Spectrum eines schwarzen Körpers, gefolgert aus dem zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie.

Der Inhalt des Vortrages ist bereits in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie veröffentlicht.

---

nach ihm wesentlich positiv ist. Bekanntlich ist aber für diesen Vorgang $S =$ const. und folglich identisch $d\,S = 0$, wie auch aus „Clausius“ zu ersehen war. Es finden eben dabei abwechselnd unendlich kleine Volumen-Ausdehnungen und -Zusammenziehungen statt.

Jahrg. 12. Nr. 2.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 28. April 1893.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **F. Neesen** sprach

über eine neue Quecksilberluftpumpe.

Der wesentliche Theil der Pumpe besteht in einer Fallröhre, welche dort, wo dieselbe durch ein Glasrohr mit dem Recipienten in Verbindung steht, umgebogen ist und dann in eine Capillare endigt, die an einem zum Zuführungsgefäss für Quecksilber leitendes Rohr angeschmolzen ist. Zunächst drückt ein Quecksilberdruck, dann bei eingetretener Verdünnung der äussere Luftdruck das Quecksilber durch die Capillare. Es sammelt sich in dem umgebogenen Theile der Fallröhre ein Quecksilbertropfen, welcher, nachdem er gross genug geworden ist, abreisst und in der Fallröhre niederfällt. Während sich nun, durch die Capillare im Zuströmen verlangsamt, neues Quecksilber sammelt, dringt die Luft aus dem Recipienten dem fallenden Tropfen nach, wird von dem neuen sich bildenden Tropfen abgeschlossen und von letzterem nach seinem Abreissen vorgeschoben. Das Volumen dieser Luft ist grösser, wie das des Tropfens, und zwar um so grösser, je weiter die Verdünnung vorschreitet. Für das sichere Spiel ist die Anordnung der Capillaren bedeutungsvoll; bei derselben muss man für die Fallröhre einen solchen Durchmesser nehmen, dass der Tropfen eben noch zusammenhält, etwa 2,5 mm.

Eine bedeutende Erhöhung der Wirksamkeit tritt ein, wenn mehrere Fallröhren nebeneinander angeordnet werden. Zu dem Ende sind die Capillaren der einzelnen Röhren an ein gemeinschaftliches Zuflussrohr angeschmolzen, ebenso die von den einzelnen Fallröhren zum Recipienten führenden Rohre.

Die Fallröhren sind auf ihrem oberen Theile nicht vertical, sondern etwas geneigt, damit der Tropfen sicherer zusammenhält.

Um mittels Wasserstrahlpumpe vorzupumpen, werden die Fallrohre nur 2,5 dm lang genommen; sie münden in eine weitere gemeinschaftliche Ablaufröhre *a*, die mit der Wasserpumpe in Verbindung steht, und weiter in eine verticale Ablaufröhre endigt.

Durch diese Vereinigung mit einer Wasserstrahlpumpe wird auch der Vortheil erzielt, dass das Quecksilber luftleer bleibt, weil es sich meist in einem durch die Wasserpumpe luftverdünnt erhaltenen Raume befindet. Um etwa doch noch vorhandene geringe Mengen von Luft zu fangen, hat das Rohr, an welches die Capillaren angeschlossen sind, vor der ersten dieser letzteren einen vertical aufrechtstehenden Ansatz.

Es erlaubt diese Pumpe wegen der Höhendifferenz zwischen dem Ablaufrohr *a* und dem Zulaufgefäss *B*, aus welchem das Quecksilber wieder emporgedrückt wird, die Anordnung einer sehr einfachen selbstthätig wirkenden Bedienung. Zu dem Ende lässt man das sich in der erwähnten Röhre *a* sammelnde Quecksilber in eine Glaskugel *A* mit drei Ansätzen laufen. Durch den einen Ansatz *b* fliesst das Quecksilber ein, er ist in *A* eingeschmolzen, reicht bis auf den Boden von *A* und hat ein Ventil, das durch einen Ueberdruck in *A* gehoben, letztere Kugel von *a* abschliesst. Mittels des zweiten Ansatzes *c* wird die Kugel *A* mit dem Zulaufgefäss *B* verbunden. Auch in dieser Verbindung ist ein Ventil angeordnet, um das Ueberlaufen des Quecksilbers von *B* nach *A* zu verhindern. Von dem dritten Ansatze *d* geht eine Verbindung zu einem Hahn, dessen Sitz ausser der mit *c* verbundenen Oeffnung noch zwei weitere hat, von denen die eine zu einer Leitung nach der Wasserstrahlpumpe, die andere nach der freien Luft führt. Das Hahnküken hat eine aus zwei unter einem Winkel von etwa 20° sich treffenden Theilen bestehende Bohrung.

An einem am Hahnküken angebrachten Arme hängt die Glaskugel *A*, an einem zweiten Arm ein Gegengewicht. Das Moment dieses hat, solange die Kugel *A* noch nicht gefüllt ist, das Uebergewicht, und hält den Hahn in einer solchen Stellung, dass *A* mit der Wasserpumpe in Verbindung steht. Füllt sich nun *A*, so gewinnt allmählich *A* Uebergewicht; der Hahn schlägt um und verbindet *A* mit der äusseren Luft. Nun fliesst das Quecksilber, weil *A* höher wie das Zulaufgefäss *B*

steht, in letzteres zurück. Ist *A* fast entleert, so gewinnt das Contragewicht wieder Uebergewicht, der Hahn schlägt um und das Spiel beginnt von neuem. Dass nicht sofort, wie etwas Quecksilber aus *A* nach *B* übergeflossen ist, der Hahn wieder umschlägt, wird durch die bei der Drehung des Hahnes eintretende Aenderung der Gabelarme, an welchen *A* und das Contragewicht angreifen, bewirkt.

Hr. **O. Frölich** sprach dann

zur Theorie des Electromagnets.

Die Theorie des Electromagnets hat durch die Arbeiten von Hopkinson und Kapp eine wesentliche Förderung erfahren.

Hopkinson hat, ausgehend von einem Satz von Maxwell und Thomson, eine Gleichung aufgestellt, welche für jeden Electromagnet die Beziehung zwischen Ampèrewindungen und Kraftlinien liefert, wenn dieselbe Abhängigkeit für die Volumeneinheit der verschiedenen Eisensorten durch Versuche ermittelt und in Curven dargestellt ist.

Kapp geht von der vor ihm von Anderen entwickelten Vorstellung des magnetischen Stromes aus, gibt eine dem Ohm'schen Gesetz entsprechende Gleichung für die Abhängigkeit des magnetischen Widerstandes von der Sättigung eine Formel.

Sowohl Hopkinson als Kapp haben Electromagnete von Dynamomaschinen mit gutem Erfolg berechnet; die Kapp'sche Sättigungsfunction hat sich indessen als unrichtig herausgestellt. Die beiden Darstellungsweisen sind bisher stets getrennt beschrieben worden; ein Versuch, dieselben zu vereinigen, wurde nicht bekannt.

Der Vortragende zeigte nun zunächst, wie diese Vereinigung hergestellt wird; es wird hierdurch die Vorstellung des magnetischen Stromkreises aus den Sätzen von Maxwell und Hopkinson bewiesen. Auch die Kirchhoff'schen Gesetze der Stromverzweigung lassen sich alsdann auf magnetische Stromkreise anwenden.

Die graphisch bekannte Hopkinson'sche Function sowohl, als die von Kapp eingeführte Sättigungsfunction lassen sich nun durch Formeln darstellen, theils durch complicirtere,

welche die Functionen in deren ganzem Bereich mit genügender Genauigkeit darstellen, theils durch einfachere, welche nur im Bereich der praktisch vorkommenden Sättigungen gelten.

KENNELLY hatte bemerkt, dass der magnetische Widerstand für höhere Werthe der Ampèrewindungen eine lineare Function derselben sei. Vervollständigt man diese Formel dahin, dass sie für das ganze Gebiet der Ampèrewindungen richtig ist, so lassen sich aus derselben andere Formeln gewinnen, welche die Abhängigkeit der Ampèrewindungen, bez. des magnetischen Widerstandes von den Kraftlinien darstellen. Zweckmässig ist es, hierbei den Begriff des „Sättigungsverhältnisses“ einzuführen, d. h. das Verhältniss der vorhandenen Sättigung (σ) zu dem Sättigungsrest ($1 - \sigma$).

Für die praktisch vorkommenden Sättigungen gilt die Beziehung, dass der magnetische Widerstand eine lineare Function des Sättigungsverhältnisses ist.

Auf diese Weise wird eine Theorie gewonnen, aus welcher sich alle den Electromagnet betreffenden Fragen behandeln lassen.

Zunächst kann man nicht nur, wie bei HOPKINSON und KAPP, die Wirkung eines Electromagnets aus den Dimensionen berechnen, sondern auch die Dimensionen aus der gewünschten Wirkung bestimmen. Auch wird es möglich, aus Beobachtungen am fertigen Electromagnet und den Dimensionen dessen magnetische Constanten zu berechnen.

Auch die Beziehung, welche am fertigen Electromagnet zwischen den Kraftlinien und den Ampèrewindungen herrscht, lässt sich nun analytisch feststellen. Es zeigt sich, dass die bezügliche Formel, welche der Vortragende zur Grundlage einer Theorie der Dynamomaschine machte, für Electromagnete mit geringer Luftschicht genau gilt, und dass für solche mit grösserer Luftschicht die Correction sich angeben lässt. Jene Theorie der Dynamomaschinen erhält dadurch Begründung und Verbesserung aus der Theorie des Electromagnets.

Auch die Hysteresis oder Trägheit des Eisens lässt sich nun theoretisch mittels der für das mittlere magnetische Verhalten gefundenen Formeln und dem Begriff der Coercitivkraft, wie ihn HOPKINSON aufstellte, behandeln.



Sitzung vom 12. Mai 1893.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **M. Planck** legt den Rechenschaftsbericht über das abgelaufene Geschäftsjahr vor und erhält dafür die Entlastung. Sein Voranschlag für 1893/94 wird genehmigt. Der bisherige Vorstand der Gesellschaft wird darauf durch Zuruf wiedergewählt.

Hr. **E. Pringsheim** spricht

über die Strahlung von Lithium, Thallium und Kalium.

Der Inhalt des Vortrages wird anderweitig ausführlich veröffentlicht.

Sitzung vom 2. Juni 1893.

Vorsitzender: Hr. H. v. Helmholtz.

Hr. **H. Rubens** sprach

über die Durchlässigkeit von Metallgittern für polarisirte Wärmestrahlen.

Die betreffenden Versuche waren gemeinsam mit Hrn. **H. E. J. G. du Bois** ausgeführt worden.

Hr. **O. Krigar-Menzel** berichtete darauf über die gemeinsam mit Hrn. **F. Richarz** angestellten Versuche

über die Abnahme der Schwere mit der Höhe.

Der Inhalt des Vortrages ist bereits in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie veröffentlicht.

Sitzung vom 16. Juni 1893.

Vorsitzender: Hr. H. v. Helmholtz.

Hr. **A. König** besprach einen von Hrn. J. Wolff construirten

künstlichen Kehlkopf.

Der Vortrag gab eine Geschichte der bisherigen Versuche zur Construction künstlicher Kehlköpfe und erläuterte eingehend die Vortheile, welche der Wolff'sche Kehlkopf gegenüber der früheren hat. Die Leistungsfähigkeit des Wolff'schen

Kehlkopfes wurde demonstrirt, indem ein Patient, dem Hr. J. WOLFF den Kehlkopf wegen Carcinoms exstirpirt und nachher einen künstlichen Kehlkopf eingesetzt hatte, der Gesellschaft in dem grossen Hörsaale mit lauter Stimme etwas declamirte und sogar vorsang.

Hr. **J. Wolff** fügte einige erläuternde Bemerkungen hinzu.

Die als Gäste anwesenden Hrn. **B. Fränkel** und **Schmid** sprachen darauf

über eine sogenannte Pseudostimme

und stellten den betreffenden Patienten ebenfalls der Gesellschaft vor.

Hr. **O. Krigar-Menzel** trug dann vor über eine gemeinsam mit Hrn. **A. Raps** ausgeführte Untersuchung

über die Bewegung gezupfter Saiten.

Die Schwingungsfiguren wurden nach der an anderem Orte[1]) beschriebenen Methode photographirt und durch Anwendung eines eigens dazu construirten Zupfapparates, welcher die Saite nur in einer festen Ebene schwingen macht und welcher zugleich den photographischen Momentverschluss durch einen electrischen Contact auslöst, war es möglich, stets die ersten Perioden nach Beginn der Bewegung aufzunehmen, welche die interessantesten Erscheinungen zeigen.

Nach der gewöhnlichen Theorie der gezupften Saiten (vgl. HELMHOLTZ, Tonempf., Lehrbücher über theor. Akustik und über Anwendungen der FOURIER'schen Reihen) ist die Bewegung der gezupften Saiten

$$y = \frac{2\,h\,l^2}{\pi^2 \cdot \xi\,(l-\xi)} \sum_{\mathfrak{a}=1}^{\infty} \frac{1}{\mathfrak{a}^2} \sin \mathfrak{a}\,\pi\,\frac{\xi}{l} \cdot \sin \mathfrak{a}\,\pi\,\frac{x}{l}\,\cos \mathfrak{a}\,n\,t,$$

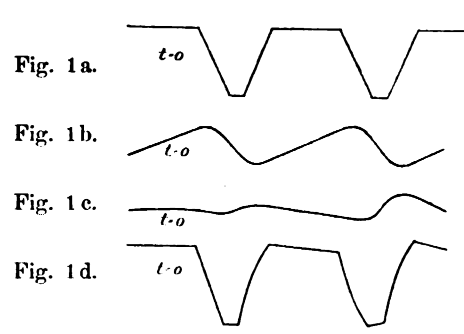
wo y die transversalen Verschiebungen der durch die Abscissen x gemessenen Seitenpunkte, l die Seitenlänge, ξ die Abscisse des gezupften Punktes, h die Höhe, um welche derselbe zu Anfang aus seiner Ruhelage gehoben ist, n die Zahl der in 2π Sec. ausgeführten Schwingungen, t die vom Beginne der Bewegung

---

1) O. KRIGAR-MENZEL und A. RAPS, Ueber Saitenschwingungen, Sitzungsber. d. Berl. Akad. **32.** p. 613—629 und Wied. Ann. **44.** p. 623—641.

gezählte Zeit und $\mathfrak{a}$ die Ordnungszahl der Partialschwingungen bedeutet.

Nach dieser Theorie mussten die Schwingungsfiguren (die graphischen Darstellungen von y als Function von t für bestimmte Saitenpunkte x und ξ) dem Typus nach die Gestalt Fig. 1a besitzen. Aus den Photographien sieht man aber, dass nur die ersten Perioden nach Beginn der Bewegung diesem Verlaufe genau entsprechen; in den folgenden Perioden nehmen die ursprünglichen horizontalen Strecken der Figuren mehr und mehr zunehmende Neigungen an in dem Sinne, wie Fig. 1d dies andeutet. Zugleich werden die steil abfallenden, ursprünglich geradlinigen Strecken allmählich gekrümmt, die convexe Seite nach der Vergangenheit gekehrt.



Diese Veränderungen der Figuren kann man theoretisch als nothwendige Folgen der Mitbewegung der sonst als starr angenommenen Saitenlager nachweisen. Führt man nämlich in die Rechnung statt der festen Endpunkte zwei im Vergleich zur Saitenmasse sehr schwere, aber transversal bewegliche Massenpunkte ein, welche durch starke elastische Kräfte nach ihrer Ruhelage hingezogen werden, und macht die praktisch stets zutreffende Annahme, dass die Eigenschwingungen dieser Massenpunkte unter dem alleinigen Einflusse ihrer elastischen Kräfte langsamer sind, als die Saitenschwingungen, so zeigt die Theorie, dass die Eigentöne der Saite nicht mehr $= \mathfrak{a}\,n$ sind, wie im Idealfalle, sondern ein wenig höher, und zwar lassen dieselben sich mit Hülfe einer kleinen Grösse ε, welche aus den Constanten unseres mechanischen Systems gebildet ist, annähernd darstellen:

$$= \mathfrak{a}\,n \cdot \left(1 + \frac{\varepsilon}{\mathfrak{a}^2}\right) \cdot$$

Die Endpunkte der Saiten sind wegen ihrer Beweglichkeit auch nicht mehr genau die Knoten der in diesen Eigentönen

erklingenden Partialschwingungen, doch können diese kleinen Knotenverschiebungen keine mit der Zeit wachsende Veränderungen der Idealfigur erzeugen, und sollen der Kürze wegen hier ganz vernachlässigt werden. Die Bewegung ist dann nach der verbesserten Theorie:

$$y = \frac{2\,h\,l^2}{\pi^2\,\xi\,(l-\xi)} \sum_{\mathfrak{a}=1}^{\infty} \frac{1}{\mathfrak{a}^2} \sin \mathfrak{a}\,\pi\,\frac{\xi}{l}\,\sin \mathfrak{a}\,\pi\,\frac{x}{l}\,\cos\left[\mathfrak{a}\,n \cdot \left(1 + \frac{\varepsilon}{\mathfrak{a}^2}\right)\cdot t\right].$$

Wir zerlegen

$$\cos \mathfrak{a}\,n\left(1 + \frac{\varepsilon}{\mathfrak{a}^2}\right)t = \cos \mathfrak{a}\,n\,t - \frac{\varepsilon\,n\,t}{\mathfrak{a}} \sin \mathfrak{a}\,n\,t.$$

Dadurch zerfällt y in zwei Summen, deren erste mit dem Factor $\cos \mathfrak{a}\,n\,t$ identisch mit der Idealbewegung Gleichung (1) wird, deren zweite aber lautet:

$$\eta = -\frac{h\,l^2}{\pi^2\,\xi\,(l-\xi)} \cdot \varepsilon\,n\,t \cdot \sum_{\mathfrak{a}=1}^{\infty} \frac{1}{\mathfrak{a}^3} \sin \mathfrak{a}\,\pi\,\frac{\xi}{l}\,\sin \mathfrak{a}\,\pi\,\frac{x}{l}\,\sin \mathfrak{a}\,n\,t.$$

Die Amplituden dieser zur Idealbewegung zu superponirenden Zusatzbewegung sind wegen des Factors ε sehr klein gegen diejenigen der Idealbewegung, sie werden aber wegen des Factors t proportional der Zeit wachsen, d. h. von Periode zu Periode ihre Beimischung deutlicher zeigen.

Die Gestalt dieser Zusatzbewegung, abgesehen von dem vor dem Summenzeichen stehenden Ordinatenmaassstab kann man leicht erkennen, wenn man die Summe in η nach t differentiirt. Dann erhält man nämlich wieder die Summe der Idealbewegung und kennt somit den Verlauf der Neigungen (das ist $\partial\,\eta/\partial\,t$).

Danach ist Fig. 1b gezeichnet. In Fig. 1c ist dem vor der Summe stehenden kleinen, aber proportional der Zeit wachsenden Maassstab und dem Minuszeichen Rechnung getragen, und Fig. 1d zeigt die Superposition von 1a und 1c und stimmt mit den photographirten Figuren sehr befriedigend überein.

Hr. **W. Wien** sprach darauf

über die obere Grenze der Wellenlänge in der Wärmestrahlung, gefolgert aus einer Eigenschaft Hertz'scher Wellen und dem zweiten Hauptsatze der mechanischen Wärmetheorie.



Geschenke.

F. MÜLLER. Gedächtnissrede auf Carl Heinrich Schellbach. Berlin. 1893. G. Reimer.

E. RIECKE. Thermodynamik des Turmalins und mechanische Theorie der Muskelcontraction. S.-A. Gött. Nachr. 1893.

H. WILD. Die Normalbarometer des Physikalischen Central-Observatoriums zu St. Petersburg. S.-A. Repert. f. Meteorol. XVI. Nr. 4. 1892.

— Ueber die Darstellung des täglichen Ganges der Lufttemperatur durch die BESSEL'sche Interpolationsformel. Mélanges phys. et chim. XIII. livrais. 2. 1893.

S. P. LANGLEY. Energy and vision. Mem. Nation. Acad. of Scienc. 1889. First mem. Vol. 5.

O. FRÖLICH. Ueber Isolations- und Fehlerbestimmungen an electrischen Anlagen während des Betriebes. S.-A. Electrot. Zeitschr. XIV. 1893.

Vorschläge zu gesetzlichen Bestimmungen über electrische Maasseinheiten, entworfen durch das Curatorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Nebst kritischem Bericht über den wahrscheinlichen Werth des Ohm nach den bisherigen Messungen verfasst von E. DORN. Berlin. 1893. Julius Springer.

P. GROTH und F. GRÜNLING. Repertorium der mineralogischen und krystallographischen Litteratur von Anfang des Jahres 1885 bis Anfang des Jahres 1891, und Generalregister der Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie. Bd. 11—20. 1. Theil. (Repertorium von P. GROTH.) Leipzig. 1893. W. Engelmann.

J. PRECHT. Absolute Messungen über das Ausströmen der Electricität aus Spitzen. Dissert. Bonn. 1893.

L. MATTHIESSEN. Ueber ein merkwürdiges optisches Problem von MAXWELL. S.-A. Exner's Repert. XXIV. 1888.

— Die Phoronomie der Lichtstrahlen in anisotropen, unkrystallinischen Medien im allgemeinen und in sphärischen Niveauflächen im besonderen. S.-A. Exner's Repert. XXV. 1889.

K. F. JORDAN. Neuere Luftpumpen-Versuche. — Das Erglühen der Meteoriten. S.-A. Ber. der Pharm. Gesellsch. Berlin. 1892.

— Versuche über das Schwimmen poröser Körper. S.-A. Zeitschr. für physik. und chem. Unterr. III. 1889.

— Die neuesten Forschungen über die atmosphärische Electricität. S.-A. Meteorol. Zeitschr. X. 1893.

R. PICTET. Étude des phénomènes physiques et chimiques sous l'influence de très basses températures. S.-A. C. R. 30 mai 1892.

— Essai d'une méthode générale de synthèse chimique. S.-A. Arch. sc. phys. (3) XXVIII. 1892.

E. Seelig. Molecularkräfte. Physikalisch-chemische Studie der verschiedenen Körperzustände. 2. Aufl. Berlin. R. Friedländer & Sohn. 1893.

E. Häntzschel. Studien über die Reduction der Potentialgleichung auf gewöhnliche Differentialgleichungen. Ein Anhang zu Heine's Handbuch der Kugelfunctionen. Berlin. 1893. Georg Reimer.

A. Tischner. Le mouvement universel. Leipzig. 1893. G. Fock.

— Le pouvoir grossissant de l'atmosphère. Leipzig. 1892. G. Fock.

— Le mouvement de la lumière. Leipzig. 1892. G. Fock.

R. E. Liesegang. Probleme der Gegenwart. 1. Bd. Beiträge zum Problem des electrischen Fernsehers. Düsseldorf. 1891. E. Liesegang.

J. Sack. Die Haustelegraphie und Haustelephonie. 2. Aufl. Berlin. 1893. F. A. Günther & Sohn.

J. E. Roy. The World's Congress Ausciliary of the World's Columbian Exposition. — Department of science and philosophie. — General division of african ethnology. — Report in behalf of the general committee by its chairman.

W. Lapraik. Ueber die Absorptionsspectra einiger Chromverbindungen. Dissert. Erlangen. 1893.

R. Klimpert. Keine Gewitter mehr! oder: Wie man sich mit einfachen Mitteln vor allen Blitz- und Gewitterschäden schützen kann. S.-A. Prakt. Physik. 1891. Magdeburg.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 12. **Nr. 3.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 20. October 1893.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **A. Raps** sprach

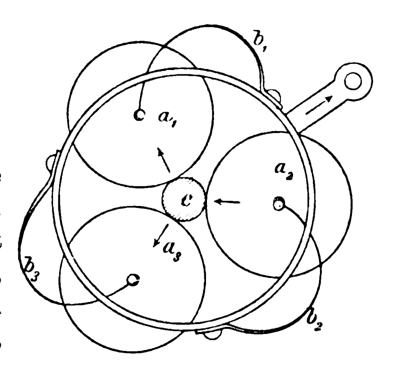
über die Untersuchungen von Lichtschwingungen.

Die Beschreibung der hierbei angewandten Methode und der erhaltenen Resultate wurde in Wied. Ann. Bd. 50. S. 193 veröffentlicht.

Hr. **A. Raps** führte dann einige

Apparate zur Demonstration der Ampère'schen Versuche vor.

Um die Unannehmlichkeiten zu beseitigen, welche die Anwendung des Quecksilbers bei den Demonstrationen der Ampère'schen Versuche mit sich bringt, hat sich der Vortragende bemüht, Apparate zu construiren, bei welchen der Gebrauch des Quecksilbers ganz vermieden ist. Es wurde dies durch zwei bewegliche Contactsysteme erreicht, von denen das eine den Strom in die beweglichen Leiter einführt, das andere den Strom aus denselben ableitet. Jedes dieser Systeme besteht aus drei sehr elastischen Federn, welche an ihren Enden drei Rollen, in Spitzen gelagert, tragen. Diese drei Rollen a_1 a_2 a_3 werden durch die Federn b_1 b_2 b_3 sanft gegen Contactcylinder c gepresst und besorgen auf diese Weise sowohl das Geschäft der Stromleitung als auch die Führung des beweglichen Leiters in der Verticalaxe an seinem unteren Ende. Die beiden Contactsysteme sind durch einen Ring aus isolirendem Material mit einander verbunden, ebenso die beiden Contactcylinder. Der be-



wegliche Stromleiter, welcher mittelst einer Nadel auf einem Achathütchen spielt, hat auf diese Weise sehr wenig Reibung in seinen beweglichen Theilen, da die Rollen mit grossem Durchmesser sich auf seiner kleinen Cylinderfläche abwälzen.

Es gelang auf diese Weise, AMPÈRE'sche Apparate von recht grossen Dimensionen herzustellen, welche so geringe Reibung besitzen, dass sie selbst durch den leisesten Luftzug in Bewegung gesetzt wurden. Die Rollensysteme können an die beweglichen Leiter der verschiedenen Apparate angesetzt werden, sodass man mit demselben Apparate alle Versuche ausführen kann. Ein Solenoid von 15 cm Durchmesser, 40 cm Länge mit 70 Windungen aus Aluminiumdraht stellte sich bei einer Stromstärke von 6 Amp. sicher in den magnetischen Meridian ein. Höchstwahrscheinlich lassen sich die meisten Apparate, welche die Wechselwirkungen zwischen Strömen und Magneten demonstriren sollen, ohne Anwendung von Quecksilber auf ähnliche Weise herstellen.

Sitzung vom 3. November 1893.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **F. Neesen** zeigte vor

eine selbstthätige Quecksilberluftpumpe.

Die Anordnung derselben unterscheidet sich von der des Verf. 1893 S. 11—13 beschriebenen in Bezug auf den ein selbstthätige Spiel bewirkenden Theil. Es war hierzu bei der früheren Anordnung ein Hahn genommen, an welchem das Sammelgefäss für das fallende Quecksilber hing. An Stelle dieses Hahnes ist an dem mit der Ablaufröhre fest verschmolzenen Sammelgefäss ein Doppelventil mit Schwimmer angebracht. Der Sitz des einen Ventilkörpers steht mit einer Wasserstrahlpumpe, der Sitz des anderen Ventilkörpers mit der äusseren Luft in Verbindung. Ist das Sammelgefäss von Quecksilber entleert, so zieht die Schwere des Schwimmers das Ventil herunter, sodass Abschluss des Sammelgefässes gegen die äussere Luft, dagegen Verbindung mit der Wasserstrahlpumpe eintritt. Die Pumpe fängt an zu wirken, das in das Sammelgefäss fliessende Quecksilber hebt schliesslich den Schwimmer, sodass die Verbindung jenes Gefässes mit der



äusseren Luft hergestellt, dagegen die mit der Wasserstrahlpumpe abgestellt wird. Das Quecksilber fliesst nun, wie in der früheren Veröffentlichung näher angegeben ist, in das Gefäss zurück, aus welchem es durch den äusseren Luftdruck in die Pumpe zurückgetrieben wird.

Die Construction ist einfacher und dementsprechend billiger. Sie wird von Glasbläser STUHL in Berlin, Philippstrasse 22, ausgeführt.

Sitzung vom 17. November 1893.

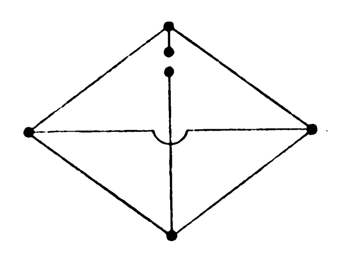
Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **O. Frölich** sprach über

Anwendungen der verallgemeinerten WHEATSTONE'schen Brücke.

Der von dem Vortragenden vor längerer Zeit (Wied. Ann. 30. S. 156 und Electro-techn. Zeitschr. 1886. S. 483) abgeleitete Satz der verallgemeinerten WHEATSTONE'schen Brücke hat eine Reihe von Anwendungen gefunden, über welche hier kurz berichtet wird.

Dieser Satz lautet dahin, dass, wenn in sämmtlichen Zweigen der WHEATSTONE'schen Brücke electromotorische Kräfte wirken, die Widerstände der Seitenzweige in der bekannten Proportion stehen, wenn bei einer Widerstandsveränderung in dem einen Diagonalzweige der Strom in dem anderen Diagonalzweige gleichbleibt.



Ausser diesem Gleichgewicht der Widerstände gibt es bei diesem Schema noch ein Gleichgewicht der electromotorischen Kräfte; wenn eine gewisse Beziehung zwischen sämmtlichen electromotorischen Kräften und den Widerständen der Seitenzweige und des festen Diagonalzweiges erfüllt ist, so bleibt der Strom in diesem letzteren ebenfalls gleich, wenn der andere Diagonalzweig verändert wird. Dieses Gleichgewicht hat aber die Eigenthümlichkeit, dass der Strom in dem veränderlichen Diagonalzweige stets Null ist.

In diesen beiden Sätzen sind sämmtliche Nullmethoden, welche bisher zur Bestimmung von electromotorischen Kräften und Widerständen angewendet wurden, enthalten. Ferner kann man eine Anzahl derselben, bei welchen besondere Mittel angewendet sind, um im festen Diagonalzweige das Auftreten von Strom zu vermeiden, erheblich vereinfachen, wenn man auf gleichen Strom, nicht auf den Strom Null einstellt.

Die beiden Sätze gelten nur für constante electromotorische Kräfte und Widerstände; sind dieselben variabel, so treten Modificationen ein. Sind nur in einem Seitenzweige electromotorische Kräfte und Widerstand variabel, in den übrigen constant, so wird beim Widerstandsgleichgewicht nicht der Widerstand jenes Seitenzweiges bestimmt, sondern die folgende Grösse:

$$-\frac{dp}{dj} = -\frac{d}{dj}(e - jw) = w + j\frac{dw}{dj} - \frac{de}{dj},$$

wo w den Widerstand, e die electromotorische Kraft, j den Strom, p den Spannungsunterschied an den Enden jenes Zweiges bedeuten; hier kann namentlich das letzte Glied erhebliche Werthe annehmen, auch wenn der Unterschied der beiden Ströme, welche bei der Messung durch den Zweig geschickt werden, sehr gering ist.

Da nun namentlich die electromotorischen Kräfte nie wirklich constant sind, so ergiebt sich hieraus, dass die Resultate, die man bisher mittelst der hierher gehörigen Brückenmethoden erzielt, theils unrichtig sind, theils nicht unerheblicher Correctionen bedürfen; es gilt dies hauptsächlich für Elemente von Zersetzungszellen, electrische Flammenbogen und electrische Maschinen. So ist z. B. die Methode von Kohlrausch zur Bestimmung von Flüssigkeitswiderständen keineswegs unabhängig von der Polarisation, obschon diese letztere gering ist und ihre Richtung stets wechselt.

Sind in einem Körper electromotorische Kraft und Widerstand variabel, so ergeben Brückenmessungen diese Grössen nicht, sondern nur die Grösse dp/dj. Ist entweder die electromotorische Kraft oder der Widerstand constant und misst man bei verschiedenen Stromstärken, so kann durch ein Integrationsverfahren (vgl. Electrotechn. Zeitschr. 1891, 370) der variable Theil als Funktion der Stromstärke dargestellt werden.

Der Vortragende besprach alsdann die Anwendungen jenes Satzes auf Messungen an arbeitenden Dynamomaschinen und im Betriebe befindlichen Gleichstromanlagen.

Setzt man den rotirenden Anker einer Dynamomaschine in den Seitenzweig einer Messbrücke, so ergeben die Messungen ein scheinbares Wachsen des Ankerwiderstandes mit der Rotationsgeschwindigkeit.

Diese Erscheinung ist bisher darauf zurückgeführt worden, dass durch die Thätigkeit des Commutators eine Abtheilung der Ankerwickelung nach der anderen kurz geschlossen und geöffnet wird, und dass beim Füllen der geöffneten Abtheilung mit Strom Selbstinduction auftritt, welche sich bei der Brückenmessung als Zunahme des Widerstandes äussert. Wendet man hierauf die obige für variable electromotorische Kraft geltende Betrachtung an, so erkennt man, dass ausser der Selbstinduction noch die Veränderung des Magnetismus der Dynamomaschine durch den Strom eine ähnliche Wirkung haben könne.

Getrennte Untersuchungen und Bestimmungen dieser beiden Grössen haben nun gezeigt, dass der Einfluss der Selbstinduction viel geringer ist als derjenige der Veränderlichkeit des Magnetismus, dass also die scheinbare Zunahme des Ankerwiderstandes hauptsächlich von dieser letzteren herrührt.

Eine electrische Centralanlage ist ein Leitersystem von sehr complicirter Verzweigung mit electromotorischen Kräften und vielen Isolationsfehlern, in welchem sich alle Eigenschaften fortwährend verändern.

Um die Gesammtisolation einer solchen Anlage während des Betriebes zu messen, gibt es allerdings Methoden, welche nicht auf Brückenmessung beruhen. Man kann aber auch die ganze Anlage als einen einzigen, mit electromotorischer Kraft und Widerstand behafteten Körper betrachten und denselben in die Brücke einschalten; man erhält alsdann den Isolationswiderstand unabhängig von der electromotorischen Kraft.

Die verallgemeinerte Wheatstone'sche Brücke lässt sich aber auch benutzen, um die Isolationsfehler der einzelnen Hauptleiter der Anlage, sowie um den Ort eines gröberen Fehlers zu bestimmen.

Näheres über diese Anwendungen befindet sich in der Electrotechn. Zeitschr. 1888, S. 137; 1888, S. 497; 1893, S. 48.

Hr. **A. Blümel** demonstrirte darauf einen von ihm construirten Apparat, welcher gestattet, das SNELLIUS'sche Brechungsgesetz zu bestätigen und den Brechungsexponenten von Flüssigkeiten mit ziemlicher Genauigkeit zu bestimmen.

Zur Construction des Apparates führte das bekannte REUSCH'sche Experiment. Sind auf einer kreisrunden Scheibe zwei Radien so gezeichnet, dass, wenn die Scheibe zur Hälfte im Wasser steht, der eine den Gang eines Lichtstrahls in der Luft, der andere den im Wasser darstellt, so wird ein in der Verlängerung des oberen Radius befindliches Auge den unteren Radius in der Verlängerung des oberen, beide also in einer geraden Linie sehen. Um die beiden Radien in dieser Weise zu zeichnen, muss der Brechungsexponent der Flüssigkeit bekannt sein.

Bringt man nun aber die beiden Radien im Mittelpunkt der Scheibe drehbar an als Lineale, so wird, wenn das untere Lineal in einer bestimmten Lage festgestellt ist, das obere so lange gedreht werden können, bis beide für ein in der Verlängerung des oberen Lineals befindliches Auge eine gerade Linie bilden. Aus der so erhaltenen Stellung beider Lineale ist der Brechungsexponent der Flüssigkeit zu berechnen, indem man den Quotienten der senkrechten Entfernungen des oberen und unteren Linealendes vom senkrechten Durchmesser bildet.

Eine genaue Beschreibung des Apparates findet sich im 2. Jahrgang der Zeitschrift für phys. und chem. Unterricht Heft IV und im 6. Jahrgange derselben Zeitschrift Heft VI.

Sitzung vom 1. December 1893.

Vorsitzender i. V.: Hr. B. SCHWALBE.

Hr. **F. Neesen** sprach über

ein Verfahren, Aluminium mit anderen Metallen zu überziehen.

Die Aufgabe, Aluminiumgegenstände mit anderen Metallen zu überziehen, deren Lösung für die Verwendung des ausgezeichneten Materials von der grössten Bedeutung ist, bietet erhebliche Schwierigkeiten, da die metallischen Niederschläge

auf dem Aluminium, wenn dasselbe nach einem der gewöhnlichen Verfahren gereinigt ist, schlecht haften. Durch einen Zufall veranlasst, bin ich dieser Frage näher getreten und dabei zu einer einfachen Lösung gelangt, welche auch abgesehen von der praktischen Verwendbarkeit ein gewisses Interesse bietet.

Aluminium wird bekanntlich von Salzsäure und den Alkalien lebhaft angegriffen. Bei diesem Angriff werden die Aluminiumtheilchen einmal durch den entwickelten Wasserstoff von Schmutz mechanisch gereinigt und dann in einen gewissen Erregungszustand, einen status nascendi, versetzt. Es schien nun wahrscheinlich, dass in einem solchen die Aluminiumtheilchen sich mit anderen Metallen fester vereinigen als sonst. Von dieser Ueberlegung ausgehend wurde versucht, das Aluminium zu versilbern u. s. f., nachdem es in Kalilauge getaucht war bis die Zersetzung eintrat. Aus der Kalilauge gehoben, ward es mit einer noch anhaftenden Laugenschicht in die Silber- u. s. f. Flüssigkeit getaucht. Der Erfolg entsprach der Erwartung, da der gebildete Niederschlag fest haftete.

Hierbei ergab sich folgende neue Eigenschaft des Allminiums. Von letzterem kennt man nicht die Fähigkeit, andere Metalle zu fällen. Wird z. B. Aluminiumblech nach sorgfältiger Reinigung in Cyansilberlösung getaucht, so bleibt die Oberfläche blank. Wenn dagegen entsprechend dem Obigen das Blech erst in Kalilauge bis zur Gasentwickelung getaucht, und dann direct noch angefeuchtet in die Silberlösung gebracht wird, so überzieht sich jenes sofort mit einer Silberschicht. Auf die gleiche Weise erhält man Fällung von Quecksilber, Blei, Zinn, Kupfer etc. Dass nicht etwa das anhaftende Kali für sich die Fällung bewirkt, liegt auf der Hand; Glas, mit Kali benetzt, bringt eine Fällung des Silbers nicht hervor. Es war bislang nur bekannt, dass mit Kali befeuchtetes Aluminium sich mit metallischem Queksilber direct amalgamirte. Die Amalgamirung geschieht somit auch beim Eintauchen des mit Kali behandelten und befeuchteten Aluminiums in die Lösung irgend eines Quecksilbersalzes. Es liefert diese Reaction ein ausserordentlich empfindliches Erkennungsmittel für Quecksilber. Bekanntlich zeigt das amalgamirte Aluminium, an der Luft liegend, starke Bildung von Aluminiumoxyd in der Form von kleinen aus

jenem herauswachsenden Haargebilden oder bei geringem Quecksilbergehalt von kleinen weissen Flecken. Wird ein mit Kali nach obigem behandeltes Aluminium z. B. in Wasser getaucht, welches über Calomel (Quecksilberchlorür), das in Wasser unlöslich sein soll, gestanden hat, so zeigen sich nach Herausnahme und Trocknen sehr bald die weissen Flecken, welche die Aufnahme von Quecksilber durch das Aluminium bekunden. Erwärmung befördert die Reaction.

In Bezug auf die Wirkung der Kalilauge kann dieselbe auch darauf beruhen, dass durch den Abschluss gegen die äussere Luft, eine Oxydschicht verhindert wird, welche sich sofort auf jedem mit der Luft in Verbindung stehenden Aluminium bildet und dieses passiv macht, wie das Eisen beim Eintauchen in Salpetersäure passiv wird. Um zu prüfen, ob dieses oder die oben vorangestellte Auflockerung der wahre Grund sei, wurde Aluminium, nachdem es bis zur Gasentwickelung in Kalilauge getaucht war, sorgfältig abgewaschen, entweder in Wasser oder in Alkohol, sodann wieder in feuchtem Zustande, so dass auch hier der directe Luftzutritt ausgeschlossen war, in ein Versilberungsbad eingetaucht. Der erzeugte Niederschlag haftete allerdings fester, wie bei dem nicht bis zur Gasentwickelung mit Kali behandelten Aluminium, aber entfernt nicht so fest, als wenn sich beim Eintauchen noch eine dünne Kalihaut an dem Silber befindet. Es spricht dieser Umstand dafür, dass, wenn auch die Ausschliessung der Oxydschicht von Einfluss sein wird, die hauptsächliche Ursache für das geschilderte Verhalten in der Herstellung eines dem status nascendi ähnlichen Zustande zu suchen ist.

Die Aluminiumgegenstände von verschiedener Herkunft unterscheiden sich wesentlich in Bezug auf die Dauerhaftigkeit der Ueberzüge. Es gibt Sorten, bei welchen das directe Versilbern, z. B. nach der vorher angegebenen Behandlung, noch nicht Producte gibt, die sich walzen oder poliren lassen. Hier führt ein in der Galvanoplastik allgemein bekanntes Hülfsmittel, die vorherige Almagamirung, in Verbindung mit dem Kaliverfahren zum Ziel. Das Verfahren stellt sich dann also folgendermaassen:

Nach Reinigung mit Salpetersäure wird der Aluminiumgegenstand in Kalilauge (nicht zu concentrirt) getaucht, bis

Gasentwickelung eintritt. Darauf hält man ihn für einige Secunden, nachdem er nur abgeschwenkt ist (nicht getrocknet) in eine verdünnte Quecksilbersalzlösung z. B. 5 gr Quecksilberchlorid auf 1 Liter Wasser. Beim Herausnehmen wird sich ein schwarzer Belag zeigen, der abgewaschen wird. Das Aluminium kommt nun wieder in die Kalilauge, in welcher jetzt eine sehr lebhafte Gasentwickelung eintritt. Zur völligen Sicherung kann man dasselbe nochmals in die Quecksilbersalzlösung bringen, wieder abwaschen und wieder in die Kalilauge. Aus dieser herausgehoben, wird es abgeschwenkt und dann in eine Cyansilberlösung als Kathode eingeführt. Dies so versilberte Aluminium lässt sich walzen, biegen, poliren. An Stelle der Kalilauge lässt sich selbstverständlich auch Natronlauge benutzen, sowie jede Substanz, welche Aluminium durch chemische Wirkung auflockert.

Die besondere Fähigkeit, mit welcher Quecksilber haftet, dürfte mit der nahen Stellung der beiden Elemente Al in Hg in der nach dem periodischen Gesetz angeordneten Reihenfolge zusammenhängen. Zur Vermeidung von Missverständnissen erwähne ich, dass das geschilderte Verfahren Patentschutz durch das Pat. Nr. 72773 unter dem Namen meines Freundes Dennstedt erhalten hat, welcher letzterer meiner aus äusseren Gründen veranlassten Bitte, die Anmeldung auf seinen Namen zu machen, gütigst entsprochen hat.

Hr. **W. Wien** sprach dann über

die Entropie der Strahlung.

Da die Strahlung sich mit endlicher Geschwindigkeit ausbreitet, ist auch im leeren Raume stets ein endlicher Energievorrath vorhanden, wenn Strahlung durch ihn hindurchgeht. Soweit nun die Strahlung von warmen Körpern herrühren kann, muss für diese Energie der zweite Hauptsatz erfüllt sein. Die hieraus sich ergebenden Folgerungen müssen für jede Strahlung gelten, auch wenn sie nicht von warmen Körpern herrührt, sobald sie nur dieselben Eigenschaften hat wie die, welche aus einer Wärmequelle stammt.

Aus dem Kirchhoff'schen Satze ergiebt sich die Folgerung, dass Strahlung, die sich in einem leeren Raume be-

findet, der von gleichtemperirten Wänden eingeschlossen ist, die Eigenschaften der Strahlung eines schwarzen Körpers annehmen muss, die der Temperatur der Wände entspricht. Sie ist unabängig von der Beschaffenheit der Wände. Dieser Zustand ist demnach der des Wärmegleichgewichts, weil jeder andere in ihn übergeführt werden kann, ohne dass dabei Arbeitsleistung nöthig wäre.

In dem Zustande des Wärmegleichgewichts haben wir der Strahlung die Temperatur der umgebenden Wände beizulegen. Wenn wir den Temperaturbegriff in derselben Weise fassen, wie es in der Wärmelehre geschieht, so muss jeder einzelnen homogenen Farbe, die in der Strahlung vorkommt, diese Temperatur beigelegt werden. Denn nicht nur die Gesammtstrahlung ist durch eine bestimmte Temperatur definirt, sondern auch die spectrale Energievertheilung ist bestimmt, und jede andere Vertheilung auf die verschiedenen Farben würde auch bei gleicher Gesammtstrahlung nicht im Zustande des Wärmegleichgewichts sein. Eine beliebig gegebene homogene Strahlung, die keine Vorzugsrichtungen in dem Gange der Strahlen besitzt, wird mit der Energie von gleicher Farbe und gleicher Dichtigkeit in der Strahlung eines schwarzen Körpers im thermischen Gleichgewicht stehen und wir haben ihr dieselbe Temperatur zuzuschreiben. Wenn wir die Energievertheilung der Strahlung eines schwarzen Körpers kennen, so können wir auch die Temperatur jeder beliebigen Strahlung mit zerstreuten Richtungen bestimmen.

Jede Strahlung von anderer spectraler Energievertheilung als die eines schwarzen Körpers stellt sich demnach als ein System von Energie verschiedener Temperatur dar.

Es folgt hieraus nach den Sätzen der Wärmelehre, dass Strahlung Arbeit leisten kann, wenn gleichzeitig ein Theil seine Farbe verändert in der Weise, dass diese Aenderung einem Sinken der Temperatur entspricht. Das Maximum der Arbeitsleistung, das aus homogener Strahlung gewonnen werden kann, ergiebt demnach der Bruch $(\vartheta_1 - \vartheta_0)/\vartheta_1$, wo die ϑ die in der angegebenen Weise gemessenen absoluten Temperaturen der Strahlung vor und nach den Aenderungen bezeichnen. Haben wir zusammengesetzte Strahlung verschiedener Farbe, so kann Arbeit geleistet werden, indem ein Theil



die Zusammensetzung eines schwarzen Körpers von gleicher Dichtigkeit der Energie annimmt. Da hierbei jede homogene Farbe den angegebenen Theil ihrer Energie in Arbeit umsetzt, wird die gesammte Arbeit

$$= \int_0^\infty \varphi \, d\lambda \, \frac{\vartheta_1 - \vartheta_0}{\vartheta_1},$$

wo $\varphi(\lambda) . d\lambda$ die Energie, deren Wellenlänge zwischen λ und $\lambda + d\lambda$ liegt, bezeichnet. Wenn die Energievertheilung nach der Aenderung die eines schwarzen Körpers ist, so ist ϑ_0 unabhängig von λ und wir erhalten

$$\int_0^\infty \varphi \, d\lambda \left(1 - \frac{\vartheta_0}{\vartheta_1}\right) = \int_0^\infty \varphi \, d\lambda - \vartheta_0 \int_0^\infty \frac{\varphi \, d\lambda}{\vartheta_1}.$$

Da für die grössten Intensitäten der Strahlung, die wir von gleichmässig temperirten Wänden eines geschlossenen Raumes erhalten können, die Energievertheilung so ist, dass das Maximum der Energie im Ultrarothen liegt, so wird jeder Farbe im sichtbaren Spectrum eine um so grössere Temperatur zukommen, je kürzer die Wellenlänge ist, wenn die Farben gleiche Dichtigkeit der Energie besitzen. Auf der anderen Seite des Maximums nimmt dagegen die Temperatur nach den langen Wellen hin zu.

Eine etwas verschiedene Behandlung erfordert die Strahlung mit regelmässiger Richtung. Aus den Sätzen von Hrn. v. Helmholtz über die Helligkeit reciproker Bilder[1]) folgt, dass einem bestimmten Strahlenkegel, der eine bestimmte Energiemenge führt, auch eine bestimmte Temperatur zukommt, weil man diese Temperatur höchstens mit ihm an einem festen Körper erzielen kann, indem der feste Körper selbst bei weiterer Steigerung der Temperatur in dem Kegel mehr Energie rückwärts sendet, als ihm zugeführt wird. Es hat deshalb die Strahlung, die sich von einem kleinen strahlenden Körper ausbreitet und von einer spiegelnden Kugelfläche zurückreflectirt wird, die Temperatur des Körpers.

---

1) v. Helmholtz, Ges. Abh. 2. S. 93.

Es ergiebt sich sehr leicht die quantitative Bestimmung der Temperatur durch Vergleichung der Dichtigkeit dieser Strahlung mit der eines schwarzen Körpers. Sogenannte parallele Strahlung von endlicher Dichte hat daher eine unendlich hohe Temperatur, weil ihre Dichtigkeit im Vergleich mit der eines schwarzen Körpers gleicher Temperatur unendlich klein ist, wie man leicht sieht, wenn man beachtet, wie die Dichtigkeit mit wachsender Entfernung, die zur Gewinnung paralleler Strahlung nöthig ist, abnimmt. Hindurchgehen des Lichtes durch zerstreuende Schirme ist daher immer mit Temperaturverminderung begleitet. Während man mit directem Sonnenlicht sehr hohe Temperaturen erzielen kann, kann man dies in keiner Weise mehr mit dem zerstreuten Tageslicht, obwohl beide von derselben Wärmequelle stammen.

Von Boltzmann[1]) ist zuerst ein umkehrbarer Process angegeben, auf Grund dessen die Maximalarbeit der Strahlung wirklich gewonnen werden kann. Hierdurch lässt sich die Entropie der Strahlung berechnen.

Wir beschränken uns hier auf die Strahlung mit zerstreuten Richtungen. Es sei Strahlung eines schwarzen Körpers in einem Cylinder gegeben, dessen Querschnitt gleich der Flächeneinheit ist. Die Wände seien zerstreut spiegelnd. Ich habe nachgewiesen[2]), dass eine adiabatische Veränderung der Strahlung durch Volumveränderung die gleiche Aenderung der Strahlung wie Temperaturerhöhung hervorbringt, und zwar für jede Farbe unabhängig von der Existenz der anderen.

In dem Cylinder befinde sich ein beweglicher Stempel in der Entfernung $a - x$ von einer festen Basis angerechnet. $a - x$ ist dann das Volumen der Strahlung. Durch eine Klappe im Cylinder sei dafür gesorgt, dass stets der Vorgang adiabatisch oder durch Verbindung mit einem strahlenden Körper isotherm ausgeführt werden kann. Sei

$$\psi = \int_0^\infty \varphi \, d\lambda$$

die Gesammtenergie in der Volumeinheit, dQ die der Strahlung

1) Wied. Ann. **22.** S. 31. 1884.
2) Berl. Akad. 9. Febr. 1893.

aus dem Wärmevorrath des festen Körpers zugeführte Energie. Die innere Energie des Systems ist

$$U = (a - x)\,\psi$$
$$d\,U = (a - x)\,.\,d\,\psi - \psi\,.\,d\,x.$$

Nach der electromagnetischen Lichttheorie übt die Strahlung einen Druck aus, der für senkrecht auf eine Fläche fallende Strahlen für die Flächeneinheit gleich der Energie in der Volumeinheit ist. Der Mittelwerth des Druckes für alle Strahlen ist für die Flächeneinheit $= \frac{1}{3}\,\psi$.

Die Arbeit ist also, wenn x um $d\,x$ wächst,

$$d\,W = -\,\frac{1}{3}\,\psi\,d\,x.$$

Die CLAUSIUS'sche Gleichung

$$d\,Q = d\,U + d\,W$$

wird

$$= d\,\psi\,(a - x) - \frac{4}{3}\,\psi\,d\,x.$$

Bezeichnet S die Entropie, so ist

$$S = S_0 + \int \frac{d\,Q}{\vartheta},$$

Integrirender Nenner ist $c\,\psi^{1/4}$, wo c constant ist, denn es ist

$$d\,S = d\left(\frac{4}{3}\,(a - x)\,\psi^{3/4}\right) = \frac{d\,Q}{c\,\psi^{1/4}}.$$

Es ist also zu setzen

$$\vartheta = c\,\psi^{1/4}$$
$$S = S_0 + \frac{4}{3\,c}\,(a - x)\,\psi^{3/4}.$$

Die Entropie zusammengesetzter Strahlung setzt sich zusammen aus den Entropien der einzelnen Farben, weil jede Farbe sich unabhängig verändert und ihre eigene Temperatur hat. Da bei der Strahlung eines schwarzen Körpers alle Farben dieselbe Temperatur haben und ebenso dasselbe Volumen, so ist die Entropie jeder homogenen Farbe gleich der Gesammtentropie multiplicirt mit dem Verhältniss der Energiedichtigkeit der Farbe zur Gesammtdichtigkeit also

$$\mathfrak{S}_{d\lambda} = \mathfrak{S}_0 + \frac{4}{3c}(a - x)\,\psi^{3/4}\,\frac{\varphi\, d\lambda}{\psi}$$

$$= \mathfrak{S}_0 + \frac{4}{3}(a - x)\,\frac{\varphi\, d\lambda}{c\,\psi^{1/4}}$$

$$= \mathfrak{S}_0 + \frac{4}{3}\,\frac{(a - x)\,\varphi\, d\lambda}{\vartheta}.$$

Bei beliebig zusammengesetzter Strahlung wird

$$\mathfrak{S} = \mathfrak{S}_0 + \frac{4}{3}\int \frac{(a - x)\,\varphi\, d\lambda}{\vartheta},$$

wo ϑ als Function von λ zu betrachten ist.

Die Maximalarbeit bei Verwandlung der Strahlung in die eines schwarzen Körpers wird

$$(a - x)\,\psi - \frac{3}{4}(\mathfrak{S} - \mathfrak{S}_0)\,.\,\vartheta_0\,.$$

Sitzung vom 15. December 1893.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **A. du Bois-Reymond** berichtete:

Ueber Otto Lilienthal's Versuche, das Fliegen zu lernen[1]).

Wenn wir den Begriff des „Fliegens“ definirt haben als die Kunst, einen Körper, der specifisch schwerer ist, als die Luft, durch Bewegung seiner Theile gegen einander oder durch seine eigene Bewegung relativ zur umgebenden Luft frei schwebend zu heben, zu senken oder in jeder beliebigen Richtung horizontal fortzubewegen, so fallen uns zunächst die unzähligen Zusammenstellungen von Schiffsschrauben, Segeln und Drachen ein, mit denen man versucht hat, diese Aufgabe zu lösen. Solche Versuche pflegen an dem grundsätzlichen Fehler zu leiden, dass man die Bedingungen, auf welchen die Abmessungen der Apparate und die Kräfte, die aufgewendet werden sollen, beruhen, aus unvollkommenen Voraussetzungen

---

1) Lilienthal, Der Vogelflug als Grundlage der Fliegekunst. Berlin, R. Gaertner's Verlag. Prometheus: Nr. 55, 204, 205.

folgerte. Der Weg, den Hr. OTTO LILIENTHAL eingeschlagen hat, ist zweifellos weit richtiger. Er besteht darin, zunächst theils durch Versuche, theils durch unmittelbare Beobachtung zu einem möglichst vollen Verständniss der Mechanik des natürlichen Vogelfluges vorzudringen. Die Beobachtung ergibt zunächst, dass die Vögel drei Flugarten ausüben, welche in der Praxis zwar beständig in einander übergehen, welche aber auf Grund der physikalischen und physiologischen Bedingungen, auf denen sie beruhen, deutlich von einander unterschieden werden können:

1. Das sogenannte „Rütteln", oder das Fliegen an Ort und Stelle;

2. den von Hrn. LILIENTHAL so genannten „Ruderflug", welcher rein beobachtet wird, wenn ein Vogel bei vollkommener Windstille vorwärts fliegt;

3. endlich den „Segelflug", d. h. die bei den besseren Fliegern häufig beobachtete Kunst, ohne Flügelschlag und allem Anscheine nach ohne jede Anstrengung dahin zu schweben oder zu segeln.

Das „Rütteln" erfordert den grössten Arbeitsaufwand bezogen auf die Gewichtseinheit und wird dementsprechend nur von den kleinsten Vögeln und einigen Insecten mit Ausdauer und Vollkommenheit ausgeübt. Vor dem Bekanntwerden der Versuche des Hrn. LANGLEY ist diese Flugart wiederholt Berechnungen über die zum Fliegen des Menschen erforderliche Arbeitsleistung zu Grunde gelegt worden und hieraus erklären sich zum Theil die ausserordentlich hohen Werthe, zu denen solche Berechnungen geführt haben. Durch die Vorwärtsbewegung wird eine wesentliche Arbeitsersparniss erzielt. Die Aufgabe, den Ruderflug der Vögel künstlich nachzuahmen, würde daher schon weit leichter zu lösen sein; aber die Beobachtung, dass vornehmlich die grössten Vögel den Segelflug ausüben und die Thatsache, dass diese Flugart allem Anscheine nach praktisch ohne jeden Arbeitsaufwand von den Vögeln ausgeübt wird, führte Hrn. LILIENTHAL gegenüber früheren Forschern dazu, wenn ich so sagen darf, das Problem am anderen Ende anzugreifen. Es ist längst bekannt, dass der Segelflug in seiner reinen und vollkommenen Form von den Vögeln nur ausgeübt wird, wenn es windig ist; aber es

scheint niemand darauf aufmerksam geworden zu sein, dass allein diese Thatsache einen Rückschluss auf gewisse Eigenschaften des Windes gestattet, die ihm für gewöhnlich nicht beigelegt werden. Würde man den Wind einfach als eine horizontale Verschiebung der gesammten Luftmasse betrachten, so müsste es für den fliegenden Vogel offenbar gleichgültig sein, ob es weht oder nicht. Hätte er in ruhender Luft einmal diejenige Geschwindigkeit erlangt, die er zur Ausübung des Segelfluges nöthig hat, so würde er sich mechanisch genau ebenso verhalten, wie ein Vogel, der absolut still steht und dem ein Wind von der betreffenden Geschwindigkeit entgegenweht. Aber die Beobachtung lehrt weiter, dass die höheren Luftschichten sich schneller bewegen als die tieferen. Man könnte annehmen, dass diese Erscheinung so vor sich geht, dass die Luftmasse in eine Anzahl beliebig dünner, in sich starrer, horizontaler Schichten zerlegt ist, von denen jede einzelne sich mit grösserer Geschwindigkeit bewegt, als die nächst tiefere. Alsdann würde für den Vogel ein Unterschied bestehen zwischen bewegter und unbewegter Luft. Indessen auch diese Annahme genügt nicht zur Erklärung des Segelfluges der Vögel. Würde nämlich der Vogel gegen den Wind fliegen, so würde die Luft an seiner Oberseite mit grösserer Geschwindigkeit reiben, als an seiner Unterseite. Würde er aber mit dem Winde fliegen und zwar mit grösserer als der Windgeschwindigkeit, so würde die Luft an seiner Unterseite mit grösserer Geschwindigkeit reiben, als an seiner Oberseite.

Die Beobachtung lehrt nun, dass die guten Flieger, obwohl sie nur segeln können, wenn es weht, dennoch in jeder beliebigen Richtung gleich gut segeln. Man muss daher eine Eigenschaft des Windes construiren, die für jede Flugrichtung des Vogels unverändert bleibt. Eine solche Eigenschaft könnte etwa darin bestehen, dass der Wind gegen den Horizont eine aufsteigende Richtung hat. Alsdann würde in der relativen Windrichtung, der der Vogel für jede horizontale Flugrichtung und Fluggeschwindigkeit ausgesetzt ist, stets dieselbe Verticalcomponente enthalten sein.

Die Versuche des Hrn. Lilienthal lassen in der That auf diese oder eine ähnlich wirkende Eigenschaft des Windes

schliessen. Er befestigte zunächst, ähnlich wie Hr. LANGLEY, an den Enden eines horizontalen Balkens, der in seiner Mitte um eine Verticalaxe drehbar befestigt war, zwei gleich grosse ebene Flächen und maass die Kraft, welche erfordert wurde, um diese Flächen bei verschiedenen Neigungen gegen den Horizont mit einer bestimmten Geschwindigkeit horizontal durch die Luft zu bewegen, und den Auftrieb, welcher durch diese Bewegung erzeugt wurde. Aus diesen beiden Componenten erhielt er für die betreffende Geschwindigkeit und Neigung den Luftwiderstand. Indem er aber die so gewonnenen Ergebnisse einer Berechnung des Arbeitsaufwandes zu Grunde legte, der von den Vögeln geleistet werden muss, um bei der betreffenden Geschwindigkeit durch ruhende Luft vorwärts zu fliegen, gelangte er zu so hohen Werthen, dass es höchst unwahrscheinlich erschien, dass er mit seinem Apparate die wirklichen Bedingungen des Vogelfluges getroffen hatte. Er wurde nun darauf aufmerksam, dass die Flügel der Vögel niemals eben sind, sondern stets gewölbte Flächen und zwar mit der concaven Seite nach unten gewölbte Flächen. Sobald er an seinem Apparate die ebenen Flächen durch gewölbte ersetzte, zeigte sich, dass die gemessenen Horizontalcomponenten des Luftwiderstandes ausserordentlich zusammenschrumpften, während die Verticalcomponenten dementsprechend wuchsen. Gleichzeitig fand er, dass das Gesetz der Abhängigkeit des Luftwiderstandes vom Neigungswinkel der Flächen gegen den Horizont ein wesentlich anderes war, als bei der Verwendung ebener Flächen. Versuche mit einer grossen Reihe verschieden gewölbter Flächen führten zu dem Ergebniss, dass eine Wölbung, deren Pfeilhöhe etwa $^1/_{12}$ der Flügelbreite beträgt, bei gewissen kleinen Neigungen gegen den Horizont weitaus die kleinsten Horizontalcomponenten und die grössten Verticalcomponenten erzeugte. Sorgfältige Messungen an einer grossen Anzahl natürlicher Vogelflügel ergab ferner, dass die Natur vor ihm zu demselben Resultate gekommen war und die obige Berechnung, auf Grund der neu gewonnenen Daten ausgeführt, ergab Arbeitsleistungen, die man recht wohl den Vögeln zumuthen kann.

Aber zur Erklärung des Segelflugs der Vögel fehlte noch dies. Es waren bei allen diesen Versuchen niemals die Hori-

zontalcomponenten verschwunden, mit anderen Worten: der Apparat drehte sich nicht von selbst. Folglich mussten andere Ergebnisse entstehen, wenn die gewölbten Flächen dem natürlichen Winde ausgesetzt wurden, anstatt künstlich ruhender Luft entgegenbewegt zu werden. Der Versuch wurde angestellt, und es zeigte sich die überraschende Erscheinung, dass unter gewissen günstigen Neigungswinkeln im Winde nicht allein die Horizontalcomponenten verschwinden, sondern sogar negativ werden können, d. h. die gewölbten Flächen flogen dem Winde entgegen und wurden von ihm gehoben. Diese Versuche sind u. a. von Hrn. WELLNER in Wien nachgemacht worden und Hr. WELLNER hat die LILIENTHAL'schen Ergebnisse in vollem Umfange bestätigt gefunden. [1])

Um sich ferner von der aufsteigenden Richtung des Windes zu überzeugen, verband Hr. LILIENTHAL eine im indifferenten Gleichgewicht um eine Horizontalaxe drehbar aufgehängte ebene Wetterfahne mit einem Schreibapparat, der eine Curve verzeichnete, deren Ordinaten für jeden Zeitpunkt die Neigung der Wetterfahne gegen den Horizont darstellten. Eine grössere Anzahl von sorgfältig und unter sehr verschiedenen Bedingungen aufgenommenen Curven ergab, dass die Fahne sich im Winde mit einer aufwärtsgerichteten Neigung von im Mittel 3—4° gegen den Horizont einstellte. Ob diese Versuche wirklich beweisen, dass der Wind aufsteigt, ist für die vorliegenden Fragen ziemlich belanglos. Mit Sicherheit geht aber daraus hervor, dass der Wind unter den vorliegenden Bedingungen so wirkt, als ob er gegen den Horizont aufstiege. Hiermit war also ein Vorgang experimentell dargestellt, der sich qualitativ in nichts von dem Segelflug der Vögel zu unterscheiden scheint. Um indessen den Segelflug der Vögel praktisch nachzuahmen, fehlte noch ein weiteres Moment. Künstliche Vögel, die mit starren Flügeln ausgestattet sind, mögen noch so sorgfältig geformt und belastet werden. Sie zeigen, frei dem Winde überlassen, zwar unverkennbare Anfänge des natürlichen Segelns; aber immer tritt nach einiger Zeit ein Augenblick ein, wo sie in das labile Gleichgewicht zu gerathen scheinen, sich über-

---

1) Vgl. Zeitschr. d. Oesterreichischen Ingenieur- und Architecten-Vereins vom 27. Januar 1893.



schlagen und herabfallen. Aus solchen Versuchen folgt indessen ebensowenig die Unmöglichkeit, den Segelflug der Vögel praktisch nachzumachen, wie aus der Unmöglichkeit, ein lebloses Modell eines Segelbootes zum praktischen Segeln zu bringen, die Unmöglichkeit des Segelns folgen würde. Um zu fliegen, braucht man nicht allein zweckmässig gebildete Flügel von geeigneter Grösse und einen Wind von hinreichender Geschwindigkeit, sondern es muss noch ein Drittes hinzukommen: man muss das Fliegen erlernt haben, gerade so, wie man beispielsweise das Schlittschuhlaufen erlernt haben muss, um Schlittschuhlaufen zu können.

Es kann hier nicht auf die ganze Entwickelung der praktischen Fliegeversuche des Hrn. Lilienthal eingegangen werden; vielmehr beschränke ich mich darauf, diese Versuche in der Form, in der sie sich heute darstellen und in der ich sie gesehen habe, zu beschreiben. Eine Hauptschwierigkeit bei der Erlangung der nöthigen Uebung bestand in der Lebensgefahr, welche solche Versuche mit sich bringen. Dieser Schwierigkeit begegnet Hr. Lilienthal neuerdings durch ein sehr einfaches Mittel. Während er nämlich anfangs, ähnlich wie fast alle, welche praktisch zu fliegen versucht haben, als Abflugort eine Dachkante oder dergleichen gewählt hatte, um möglichst viel freie Höhe zu gewinnen, ist er durch die Praxis allmählich zu der Ueberzeugung gelangt, dass eine solche Abflugstelle folgende grosse Nachtheile bietet: Erstens befindet sich der Uebende gerade im Augenblicke des Abfluges in der grössten Höhe über dem Erdboden, also auch in der grössten Lebensgefahr; zweitens wird der Wind, welcher einer Dachkante entgegenweht, stets gerade an der Stelle, wo der Uebende den festen Erdboden verlässt und sich seinen Flügeln anvertraut, einen unregelmässigen Wirbel bilden, der zum mindesten dazu beitragen muss, ihn zu verwirren und seine Geistesgegenwart zu beeinträchtigen. Hr. Lilienthal wählt statt dessen einen sanften unbewaldeten Abhang mit einer Neigung von nicht wesentlich mehr als 10—15° gegen den Horizont und gegen die herrschende Windrichtung. An einem solchen Abhange wird der Wind, ohne Wirbel zu bilden, gleichmässig emporwehen und man kann, bevor man die nöthige Sicherheit erlangt hat, um grössere Strecken zu durchfliegen, den ganzen

Abhang auf den Füssen laufend oder springend durchmessen und so allmählich lernen, die tragende Wirkung der Flügel richtig zu schätzen und dem Schwerpunkt relativ zur Flügelfläche für jeden Augenblick die richtige Lage zu geben. Ich selbst habe versucht, die Uebungen des Hrn. Lilienthal nachzumachen und es gelang mir schon nach fünf oder sechs Versuchen, Sprünge von 15—20 m Länge auszuführen, obgleich das Wetter an jenem Tage die Versuche keineswegs begünstigte. Es herrschte nämlich fast völlige Windstille, so dass die absolute Geschwindigkeit des Uebenden und seine relative Geschwindigkeit zur Luft nahezu gleich gross waren. Aus diesem Grunde war die Schwierigkeit des Landens nach einem ausgeführten Sprunge natürlich weit grösser, als wenn ein mässiger Wind die relative Geschwindigkeit zur Luft erhöht und somit die absolute Geschwindigkeit verringert hätte. Hr. Lilienthal, welcher schon seit einigen Wochen in der angegebenen Weise übte, bedurfte nur eines kurzen Anlaufes, um die Tragfähigkeit seines Flügelsystems so weit zu steigern, dass er sich ihnen anvertrauen konnte, und durchmaass wiederholt Strecken von 120—150 m unter einer abwärts gerichteten Neigung von 10—15° gegen den Horizont.

Eine zweite Schwierigkeit würde man a priori geneigt sein, für weit grösser zu halten, als sie thatsächlich zu sein scheint, nämlich die, den Apparat in der Luft willkürlich zu steuern. Für diesen Zweck ist die Lilienthal'sche Flugfläche einfach mit einem feststehenden, wetterfahnenartigen Steuer an ihrem hinteren Ende versehen. Will man nach rechts fliegen, so verlegt man nur den Schwerpunkt ein wenig nach dieser Seite; dadurch erhält der Apparat eine nach rechts geneigte Stellung. Die Luft beginnt von rechts nach links unter der Flügelfläche abzugleiten und trifft so das feststehende Steuer von rechts her. Auf diese Weise erhält das ganze System eine Drehung nach rechts und würde, wenn die Neigung beibehalten würde, eine Kreis- oder eine Schraubenlinie beschreiben. Wenn der Schwerpunkt wieder in die Mitte verlegt wird, richtet sich die Bewegung von selbst wieder geradeaus.

Sobald die Versuche durch windiges Wetter unterstützt werden, nimmt die Neigung der Flugbahn merklich ab und es



ist Hrn. Lilienthal wiederholt begegnet, von plötzlichen Windstössen, welche die mittlere Windstärke erheblich überschritten, gehoben zu werden. Bei solchen Windstössen gelang es ihm, fast stillstehend an einer Stelle zu schweben, — gerade wie man dies an Raubvögeln beobachtet, — bis die Windstärke nachliess oder bis er die Neigung seiner Flugfläche der neuen Windstärke angepasst hatte, so dass er wieder eine Vorwärts-Abwärtsbewegung erhielt. Er berechnet, dass bei seinem Flugapparate, welcher der Luft eine Fläche von ungefähr 14 qm darbietet, eine mittlere Windstärke von 10 m genügen sollte, ihn zu tragen. Aus wohlbegründeter Furcht vor der Gefährlichkeit eines solchen Versuches hat er indessen noch nicht gewagt, es mit Windstärken von mehr als 7—8 m mittlerer Geschwindigkeit aufzunehmen. Da aber mit der Steigerung der gewählten Windstärke eine deutliche Abnahme der Abwärtsneigung der Flugrichtung zusammengeht, so scheinen diese Versuche qualitativ einer Nachahmung des wirklichen Segelfluges der Vögel vollständig gleichzukommen, umsomehr, als bereits wiederholt bei plötzlichen Verstärkungen des Windes die Flugbahn, wenigstens stellenweise, horizontal und auch aufwärts gerichtet war. Es scheint, dass es nur nöthig ist, die Sicherheit im Regieren der Flugfläche so weit zu treiben, dass man es mit genügenden Windstärken aufnehmen kann, um nach Art der Raubvögel in der Luft Kreise zu ziehen und sich so bis zu einer beliebigen Höhe aufzuschwingen, und alsdann in irgend einer Richtung nahezu oder ganz horizontal fortzugleiten. Sollte diese Möglichkeit aus irgend einem Grunde, der noch heute verborgen ist, nicht so nahe liegen, wie die thatsächlich ausgeführten Versuche es glauben machen, so bieten doch diese Versuche schon in der Form, in der sie heute vorliegen, ein vorzügliches Feld für sportmässigen Wettbewerb, und es darf wohl als ein glücklicher Gedanke des Hrn. Lilienthal bezeichnet werden, dass er dieser Seite seiner Arbeiten einiges Gewicht beilegt. Die ausserordentlich rasche technische Entwickelung anderer ähnlicher künstlicher Körperübungen legt wenigstens den Analogieschluss nahe, dass es nur darauf ankommen dürfte, das thätige Interesse einer möglichst grossen Anzahl körperlich tüchtiger junger Leute für diese Versuche zu gewinnen und eine Tradition in der Aus-

übung des Fliegens zu schaffen, um, wenn auch nicht zur endlichen Lösung des vielumworbenen Problems zu gelangen, doch zum mindesten die damit zusammenhängenden physikalischen und technischen Fragen wesentlich zu klären.

Hr. **H. Hänsch** erläuterte darauf an grossen Modellen die Construction der verschiedenen Nicol'schen Prismen.

Mitgliederliste.

Im Jahre 1893 wurden in die Gesellschaft aufgenommen die Herren: Dr. E. Blasius, K. Fischer, Prof. Dr. D. Goldhammer, Dr. L. Holborn, Dr. E. Jahnke, Dr. C. Kassner, Dr. L. Klecki, Dr. E. Koebke, Dr. G. Melander, Renisch, Dr. E. Röber, Dr. M. v. Rohr, Dr. O. Schönrock, Dr. G. Schwalbe, Dr. O. Stumpe, Dr. B. Thierbach, Dr. R. Wachsmuth und Dr. M. Wien.

Dagegen verlor die Gesellschaft durch Tod:
Prof. Dr. F. Stenger und Prof. Dr. J. Tyndall.

Ihren Austritt aus der Gesellschaft erklärten die Herren:
Dr. P. Andries, Prof. Dr. H. Bohk, Dr. A. Hempel, Prof. Dr. F. Müller und Dr. O. Stumpe.

Am Ende des Jahres 1893 waren Mitglieder der Gesellschaft:

Hr. Prof. Dr. Adami in Bayreuth.
— Prof. K. Ångström in Stockholm, Stockholm's Högskola.
— Prof. Dr. H. Aron*), W., Lichtensteinallee 3a.
— Dr. L. Arons, SW., Königgrätzerstrasse 109.
— Prof. Dr. R. Assmann, Grünau, Victoriastrasse 6.
— Dr. E. van Aubel in Brüssel, Rue royale 3.
— Prof. Dr. Avenarius in Kiew.
— O. Baschin, W., Schinkelplatz 6.
— Dr. Becker in Darmstadt.
— Dr. W. Bein, NW., Karlstr. 18a.
— P. Benoit, SW., Wartenburgstrasse 23.
— A. Berberich, SW., Lindenstr. 91.
— Dr. A. Berliner, Amerika.
— Dr. G. Berthold in Ronsdorf.
— Prof. Dr. W. v. Bezold, W., Lützowstrasse 72.
— Dr. E. Blasius, NW., Reichstagsufer 7/8.
— A. Blümel, SO., Melchiorstr. 22.
— Prof. Dr. R. Börnstein, Wilmersdorf, Lieckstrasse 10.
— Dr. H. Böttger, NW., Lessingstrasse 13.
— Dr. H. E. J. G. du Bois, NW., Mittelstrasse 39.
— A. du Bois-Reymond in Westend bei Berlin, Ahorn-Allee 42.
— Prof. Dr. E. du Bois-Reymond, NW., Neue Wilhelmstrasse 15.
— Prof. Dr. L. Boltzmann in München, Maximilianstrasse 1 III.
— Prof. Dr. F. Braun in Tübingen.
— Prof. Dr. A. Brill in Tübingen.
— Dr. W. Brix in Charlottenburg. Berliner Strasse 13/14.
— Dr. W. Brix jun., SW., Schützenstrasse 3.

Hr. Dr. E. Brodhun in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 66.
— Telegraphendirector Brunner in Wien.
— Prof. Dr. Bruns in Leipzig.
— Prof. Dr. E. Budde, NW., Klopstockstrasse 53.
— Prof. Dr. F. Burckhardt in Basel.
— Dr. R. Burg, NW., Mittelstr. 3.
— Dr. M. Busolt, W., Steglitzerstrasse 55.
— Dr. F. Caspary, W., Kurfürstenstrasse 4.
— Prof. Dr. E. B. Christoffel in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. O. Chwolson in St.-Petersburg.
— Dr. Dehms in Potsdam.
— Prof. Dr. C. Dieterici in Breslau.
— Prof. Dr. Dietrich in Stuttgart.
— Dr. P. Drude in Göttingen.
— Dr. E. v. Drygalski, W., Steglitzerstrasse 42.
— Dr. A. Ebeling, W., Derfflingerstrasse 28.
— Prof. Dr. E. O. Erdmann, W., Schellingstrasse 7.
— F. Ernecke, SW., Königgrätzerstrasse 112.
— Dr. M. Eschenhagen in Potsdam, Magnetisches Observatorum.
— Dr. C. Färber, SO., Elisabethufer 41.
— Dr. K. Feussner in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Fick in Würzburg.
— Prof. Dr. R. Finkener, W., Burggrafenstrasse 2a.
— Dr. K. Fischer, N., Swinemünderstrasse 138a.
— Dr. A. Franke, NW., Cuxhavenerstrasse 16.

*) Berlin ist in dem Verzeichniss weggelassen.

Hr. Dr. G. Freund, NW., Unter den Linden 69.
— Dr. O. Frölich, Westend bei Berlin, Kastanien-Allee 2.
— Prof. Dr. Fromme in Giessen.
— Prof. Dr. L. Fuchs, NW., Kronprinzenufer 24.
— R. Fuess in Steglitz, Düntherstrasse 8.
— Prof. Dr. J. Gad, SW., Grossbeerenstrasse 67.
— Dr. H. Gerstmann, SW., Schöneberger Ufer 17.
— Dr. W. Giese, W., Bülowstr. 80.
— Prof. Dr. P. Glan, NW., Klopstockstrasse 65.
— Prof. Dr. E. Goldstein, SW., Königgrätzerstrasse 92.
— Prof. Dr. D. Goldhammer in Kasan.
— Prof. Dr. L. Grätz in München, Arcisstrasse 8.
— Dr. Th. Gross, W., Bayreutherstrasse 18.
— Prof. Dr. P. Groth in München.
— Prof. Dr. Grotrian in Aachen.
— Prof. Dr. L. Grunmach, W., Kurfürstenstrasse 109a.
— Prof. Dr. G. Gruss in Prag, Böhmische Sternwarte.
— Prof. Dr. S. Günther in München.
— Dr. E. Gumlich in Charlottenburg, Grolmannstrasse 11.
— H. Hänsch, S., Stallschreiberstr. 4.
— Dr. E. Häntzschel, W., Eisenacherstrasse 11.
— Prof. Dr. E. Hagen, W., Bayreutherstrasse 16.
— Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff in Basel.
— H. Hahn, NW., Melanchthonstrasse 12.
— Prof. Dr. M. Hamburger, NW., Karlstrasse 28.
— Prof. Dr. Hammerl in Innsbruck.
— G. Hansemann, W., Maassenst. 29.
— Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstrasse 6.
— Dr. B. Hecht in Königberg i. Pr.
— F. v. Hefner-Alteneck, W., Hildebrand'sche Privatstrasse 9.
— Prof. Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstrasse 2/3.
— Prof. Dr. H. v. Helmholtz, Charlottenburg, Marchstr. 25b.
— Prof. Dr. K. Hensel, NW., Klopstockstrasse 39.
— Prof. Dr. H. Hertz in Bonn.
— Dr. A. Heydweiller in Strassburg i. E.

Hr. Prof. Dr. J. Hirschwald in Charlottenburg, Hardenbergstr. 9.
— Dr. H. Hohnhorst, SW., Belle-alliancestrasse 80.
— Dr. L. Holborn, Charlottenburg, Schlossstrasse 3.
— Dr. K. Hollefreund, S., Alexandrinenstrasse 36.
— Prof. Dr. R. Hoppe, S., Prinzenstrasse 69.
— Dr. W. Howe in Westend bei Berlin, Kastanienallee 4.
— Prof. Dr. Hutt in Bernburg.
— Dr. W. Jaeger in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 65.
— Dr. Jagor, SW., Enkeplatz 4.
— Dr. H. Jahn, NW., Hindersinstrasse 1.
— Dr. E. Jahnke, N., Wörtherstrasse 6.
— Dr. S. Kalischer, W., Lutherstrasse 51.
— Prof. Dr. G. Karsten in Kiel.
— Dr. C. Kassner, W., Schönebergerstrasse 23.
— Prof. Dr. H. Kayser in Hannover.
— Prof. Dr. E. Ketteler in Münster i. W.
— Prof. Dr. J. Kiessling in Hamburg.
— Dr. L. Klecki in Krakau, Wielopola 1.
— Prof. Dr. F. Klein in Göttingen.
— Prof. Dr. H. Knoblauch in Halle
— Dr. E. Koebke, W., Dennewitzstrasse 17.
— Prof. Dr. A. König, NW., Flemmingstrasse 1.
— Prof. Dr. W. König in Frankfurt a. M.
— Dr. A. Köpsel, S., Kommandantenstrasse 46.
— Dr. F. Kötter, S., Annenstr. 1.
— Dr. M. Koppe, NO., Strausbergerstrasse 7a.
— Prof. Dr. F. Kohlrausch in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. W. Kohlrausch in Hannover.
— Prof. Dr. G. Krech, S., Brandenburgstrasse 34.
— Dr. V. Kremser, NW., Spenerst. 9.
— Dr. O. Krigar-Menzel, W., Kaiserin Augustastr. 75/76.
— Prof. Dr. H. Kronecker in Bern.
— Prof. Dr. A. Kundt, NW., Neue Wilhelmstrasse 16.
— Dr. F. Kurlbaum in Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Dr. G. Lachmann, SW., Puttkammerstrasse 10.

Hr. Prof. Dr. E. Lampe, W., Kurfürstenstrasse 139.
— Prof. Dr. H. Landolt, W., Königgrätzerstrasse 123b.
— Prof. Dr. C. Lange, W., Kleiststrasse 4.
— Dr. J. Lange, SW., Möckernstrasse 85.
— Prof. Dr. A. Leman in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 74.
— Dr. E. Less, NW., Albrechtstr. 17.
— Prof. Dr. Liebisch in Göttingen.
— Prof. Dr. O. Liebreich, W., Margarethenstrasse 7.
— Dr. St. Lindeck in Charlottenburg, Göthestrasse 68.
— Dr. E. Loew, SW., Grossbeerenstrasse 1.
— Prof. Dr. E. Lommel in München, Kaiserstrasse 10.
— Prof. Dr. H. A. Lorentz in Leyden.
— Prof. Dr. C. Ludwig in Leipzig.
— Dr. G. Lübeck, N., Prenzlauer Allee 2.
— Dr. O. Lummer in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 72.
— Dr. G. Melander in Helsingfors.
— Dr. B. Meth, W., Eisenacherstrasse 11.
— Dr. Ernst Meyer, SW., Möckernstrasse 121.
— Dr. G. Meyer in Freiburg i. B., Colombistr. 12.
— Dr. H. Meyer, W., Derfflingerstrasse 28.
— Prof. Dr. O. E. Meyer in Breslau.
— Dr. W. Meyer, W., Kurfürstenstrasse 101.
— Dr. C. Michaelis in Potsdam.
— Dr. P. Micke, W., Kleiststr. 15.
— Dr. James Moser in Wien.
— Dr. R. Müller, W., Wilhelmstrasse 40a.
— Dr. W. Müller-Erzbach in Bremen.
— Prof. Dr. A. Müttrich in Eberswalde.
— Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstrasse 4.
— Dr. R. Nahrwold, SW., Planufer 31.
— Prof. Dr. F. Neesen, W., Zietenstrasse 6c.
— Prof. Dr. W. Nernst in Göttingen, Hertzb. Chaussee 13.
— Prof. Neubert in Dresden.
— Prof. Dr. C. Neumann in Leipzig.
— Prof. Dr. A. Oberbeck in Greifswald, Bahnhofstr. 41.

Hr. Prof. Dr. A. v. Oettingen in Leipzig.
— Prof. Dr. Paalzow, W., Wilhelmstrasse 50.
— Prof. Dr. J. Pernet in Zürich-Hottingen, Minervastrasse.
— Prof. Dr. F. Petri, SO., Köpenickerstrasse 22a.
— Prof. Dr. L. Pfaundler in Innsbruck.
— Dr. J. Picker, Bensberg.
— Prof. Raoul Pictet, C., Neue Promenade 3.
— Prof. Dr. M. Planck, W., Eisenacherstrasse 5.
— Prof. Dr. L. Pochhammer in Kiel.
— Dr. F. Pockels in Göttingen, Bühlstr. 36.
— Dr. F. Poske, SW., Hallesche Strasse 21.
— Prof. Dr. W. Preyer, in Wiesbaden.
— Dr. E. Pringsheim, NW., Kronprinzenufer 25.
— Prof. Dr. N. Pringsheim, W., Königin Augusta-Strasse 49.
— Dr. M. Prytz in Kopenhagen, Falkonergaardsvej 12.
— Prof. Dr. G. Quincke in Heidelberg.
— Dr. R. Radau in Paris.
— Dr. A. Raps, SW., Johanniterstrasse 18.
— Prof. Dr. Recknagel in Augsburg.
— Prof. Dr. O. Reichel in Charlottenburg, Knesebeckstr. 91.
— Dr. W. Reiss, W., Kurfürstenstrasse 98.
— Renisch in Essen.
— Dr. F. Richarz in Endenich bei Bonn.
— Dr. E. Richter, Charlottenburg, Kantstrasse 52.
— Prof. Dr. E. Riecke in Göttingen.
— Dr. R. Ritter, NW., Herwarthstrasse 3a.
— Dr. E. Röber, W., Steglitzerstrasse 79.
— Dr. M. v. Rohr, W., Motzstr. 75.
— Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlstrasse 24.
— Prof. Dr. J. Rosenthal in Erlangen.
— Director Dr. F. Roth in Leipzig.
— Dr. H. Rubens, W., Bellevuestrasse 15.
— Prof. Dr. Fr. Rüdorff in Charlottenburg, Marchstrasse 7e.
— Prof. Dr. Rühlmann in Chemnitz.
— Prof. Dr. C. Runge in Hannover

Hr. Prof. Dr. Saalschütz in Königsberg in Pr.
— Prof. Dr. P. Schafheitlin in Charlottenburg, Joachimthalerstr. 1.
— Dr. K. Scheel in Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Dr. J. Scheiner in Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. R. Schelske, NW., Beethovenstrasse 3.
— Dr. V. Schemmel, SW., Blüchertrasse 15.
— Dr. Schenk, N., Strassburgerstr. 2.
— Prof. Dr. K. Schering in Darmstadt.
— M. Schlegel, W., Bellevuestr. 15.
— Dr. Schönach in Innsbruck.
— Dr. O. Schönrock, NW., Sigismundshof 5.
— Prof. Dr. J. Scholz, S. Hasenh. 54.
— Dr. P. Scholz in Steglitz.
— F. Schotte, SW., Grossbeerenstrasse 27a.
— Dr. P. Schottländer in Charlottenburg, Göthestrasse 87.
— Dr. Schülke in Osterode in O./Pr.
— Dr. F. Schulze-Berge in New-York, Menlo Park.
— Prof. Dr. A. Schumann, SW., Wartenburgstrasse 21.
— Prof. Dr. B. Schwalbe, NW., Georgenstrasse 30/31.
— Dr. G. Schwalbe, NW., Georgenstrase 30/31.
— R. Seebold, W. Landgrafenstr. 16.
— Dr. Sell in Charlottenburg, Schlüterstrasse 73.
— Dr. G. Sieben in Gr-Lichterfelde.
— Wil. v. Siemens, W., Königgrätzerstrasse 2/3.
— Prof. Dr. P. Silow in Warschau.
— Dr. W. Sklarek, W., Lützowstrasse 63.
— Prof. Dr. A. Slaby in Charlottenburg, Sophienstrasse 4.
— Dr. P. Spies, Charlottenburg, Uhlandstrasse 61.
— Prof. Dr. G. Spörer in Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Prof. Dr. A. Sprung, in Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Dr. F. M. Stapff in Weissensee, Berlinerstrasse 3.
— Dr. Steiner in Erlangen.
— Dr. K. Strecker, W., Bülowstrasse 51.
— Prof. Dr. V. Strouhal in Prag, Clementinum.
— Dr. R. Süring in Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.

Hr. Dr. Theurer in Prag.
— Dr. B. Thierbach in Charlottenburg, Bismarkstrasse 115.
— Prof. Dr. M. Thiesen in Friedrichshagen, Ahornallee 10.
— Dr. B. v. Tietzen-Hennig, Westend, Kastanienallee 4.
— Prof. H. Thurein, N., Chausseestrasse 40.
— Dr. Fr. Vettin, SW., Bernburgerstrasse 24.
— Prof. Dr. R. Virchow, W., Schellingstrasse 10.
— Prof. Dr. H. C. Vogel in Potsdam, Astrophysikal. Observat.
— Prof. Dr. H. W. Vogel, Grunewald-Colonie, Schinkelstr. 4.
— Prof. Dr. P. Volkmann in Königsberg i. Pr.
— Dr. R. Wachsmuth, W., Kurfürstenstrasse 9.
— Dr. E. Wagner in Breslau.
— Prof. Dr. E. Warburg in Freiburg i. Br.
— Prof. Dr. A. Wangerin in Halle a. S., Burgstrasse 27.
— Dr. C. L. Weber, SW., Königgrätzerstrasse 92.
— Prof. Dr. H. F. Weber in Zürich.
— Prof. Dr. L. Weber in Kiel.
— Dr. W. Wedding, W., Lützowplatz 10.
— Prof. Dr. K. Weierstrass, W., Friedrich Wilhelmstrasse 14.
— Prof. Dr. J. Weingarten, W., Regentenstrasse 14.
— Dr. B. Weinstein, S., Urbanstr. 1.
— Dr. C. Weltzien in Zehlendorf.
— Dr. K. Wesendonck, W., Wilhelmstrasse 66 u
— F. Wiebe, W., B rggrafenstr. 8.
— Dr. E. Wiechert in Königsberg i. Pr.
— Prof. Dr. G. Wiedemann in Leipzig, Thalstrasse 35.
— Prof. Dr. E. Wiedemann in Erlangen.
— Dr. M. Wien in Würzburg.
— Dr. W. Wien in Westend bei Berlin, Rüsternallee 8.
— Prof. Dr. O. Wiener in Dresden.
— Dr. J. Wilsing in Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. W. Wolff in Charlottenburg, Joachimsthalerstr. 43.
— Prof. Dr. J. Worpitzky, N., Krausnikstrasse 19.
— Prof. Dr. A. Wüllner in Aachen.
— R. Wurtzel, NW., Luisenstr. 62.
— Prof. Dr. W. v. Zahn in Leipzig.

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

im Jahre 1894.

Dreizehnter Jahrgang.

Herausgegeben

von

Arthur König.



Leipzig, 1895.

Verlag von Johann Ambrosius Barth.

(Arthur Meiner.)

Druck von Metzger & Wittig, Leipzig.

Inhaltsverzeichniss *).

*) Ueber die mit einem * versehenen Vorträge ist kein Referat gegeben.

Jahrg. 13. Nr. 1.

Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 5. Januar 1894.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **A. Kundt** gedenkt des herben Verlustes, den die Gesellschaft durch den Tod ihres Mitgliedes

Heinrich Hertz

gestorben am 1. Januar 1894 zu Bonn

erlitten hat, und bittet die Anwesenden sich zu ehrendem Gedächtniss des Hingeschiedenen von ihren Sitzen zu erheben. [1])

Hr. **O. Lummer** sprach dann

1. nach gemeinsam mit Hrn. **E. Brodhun** angestellten Versuchen

über die Prüfung der Siemens'schen Platin-Lichteinheit;

2. über die Herstellung der Violle-Lichteinheit auf electrischem Wege.

Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen an anderer Stelle ausführlich veröffentlicht werden.

Sitzung vom 19. Januar 1894.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. Prof. **George E. Hale,** Director of the Astronomical Observatory of the University of Chicago sprach (als Gast)

über die photographische Erforschung der Sonne.

The investigations were begun at the Kenwood Observatory, Chicago, in the spring of 1891. The ultraviolet spectrum

---

1) Siehe weiter unten S. 9.

of the solar chromosphere and prominences, which had not previously been studied, was photographed. and found to contain a large number of bright lines. Among these the *H* and *K* lines of calcium were found to be most prominent. Indeed, they are the most intense lines in the whole spectrum of the chromosphere and prominences. The hydrogen lines of Balmer's series were also clearly shown in the photographs, and their wave-lengths agree closely with the calculated values.

The question of photographing the forms of prominences was next taken up, and an instrument — named the "spectroheliograph" — was devined for this purpose. It is a large spectroscope provided with two movable slits — one at the focus of the collimator, the other at the focus of the observing telescope. The slits are connected by a system of levers with a clepsydra, so that they can be made to move in the focal planes at a uniform speed. The *K* line in the spectrum (formed by a grating or reflecting prism) is made to pass through the second slit, and fall upon a photographic plate. The relative motion of the slits is such that the *K* line constantly falls upon the second slit while the first slit moves across the image of the sun (the spectroheliograph is attached to a refracting telescope of 12 inches aperture and 18 feet focal length). In this way monochromatic images of the solar chromosphere and prominences are secured, the direct light of the photosphere being excluded from the spectroheliograph by means of a circular metallic disc.

It was soon discovered that the *H* and *K* lines are reversed, not only in prominences, but on the solar disc as well, particularly in the faculae. The same means used in photographing prominences thus applies also to the faculae; in this case the diaphragm is removed, and the time of exposure considerably reduced, on account of the brightness of the solar disc. By means of a double exposure a photograph showing the faculae, spots, chromosphere and prominences can be obtained on a single plate. In visual observations and ordinary photographs of the sun the faculae are not seen in the brighter portions of the disc. In monochromatic photographs they are equally well shown at the center and at the limb.



The following is a brief summary of some of the results so far obtained: calcium is equally important with hydrogen as a constituent of all solar prominences. In spite of its high molecular weight it rises higher above the sun's limb than hydrogen itself. *K* seems to be invariably stronger than *H*, and extends farther from the limb. Prominences seem to have the same general form in both lines, but the form of a prominence photographed with the *F* line differs distinctly from that obtained with the *K* line. Thus the hydrogen and calcium vapor do not appear to be uniformly distributed in prominences. Both *H* and *K* are often doubly reversed (narrow dark lines running down the center of the bright lines) in the chromosphere, and sometimes in the base of bright prominences. The ultra-violet radiation of certain prominences has been strong enough to allow all known members of the Balmer series of hydrogen lines to be photographed. Hitherto the most refrangible members of the series have been known only in certain white stars. No prominence has yet been found to show the *H* and *K* lines without some of the less refrangible members of the hydrogen series. Eruptive prominences frequently give many metallic lines and rarely a continuous spectrum in the ultra-violet. Up to the present time 74 bright lines have been photographed in this region. *H* and *K* are doubly reversed on many parts of the solar disc. Most of these regions of reversal seem to correspond in form and position with the faculae. The more refrangible hydrogen lines do not seem to be reversed in faculae. In spots *H* and *K* are doubly reversed in the penumbra, but the dark central line sometimes disappears over the umbra, where the reversals are usually narrower.

By the aid of the spectroheliograph over 3000 photographs of the solar disc and circumference have been obtained. These are in process of reduction. [1])

1) For various papers on the subject see „Astronomy and Astro-Physics“, 1892 and 1893.

Hr. **F. Neesen** legte folgende Mittheilung von Hrn. VAN AUBEL in Brüssel über ein Verfahren

Aluminium mit anderen Metallen zu bedecken

vor, welche Verfasser aus Anlass des Vortrages vom 1. December 1893 über den gleichen Gegenstand eingesandt hat.

Monsieur le Prof. NEESEN a fait connaître à la Séance du 1er décembre 1893, une méthode pour recouvrir l'aluminium d'autres métaux.[1]) Il y a deux ans, j'ai été amené par une question de physique à résoudre le même problème.

Le procédé suivant qui m'a servi peut rendre des services dans plusieurs recherches scientifiques.

C'est à ce titre que je crois intéressant de le faire connaître à la Société de physique, sans toutefois en revendiquer la priorité.

La méthode ne saurait être utilisée dans l'industrie, car le dépot métallique peut être enlevé lorsqu'on plie un peu la plaque d'aluminium sur laquelle il a été déposé. On commence par nettoyer l'aluminium avec un peu de benzine; ensuite on le recouvre d'une très mince couche de cuivre à peine visible.

A cet effet, on se sert d'une solution de sulfate de cuivre dans l'eau. On peut ajouter quelques gouttes d'acide nitrique (pas sulfurique) à la solution. L'électrolyse se fait évidemment en se servant de l'objet en aluminium comme électrode négative, l'électrode positive étant constituée par une lame de cuivre ou de platine.

Tout autre sel de cuivre ne conviendrait pas.

Lorsqu'une couche très mince de cuivre est déposée sur l'aluminium, on effectue le nickelage, l'argenture, la dorure, etc, par galvanoplastie en employant les solutions habituelles.

Hr. **R. Börnstein** berichtigt einen störenden Druckfehler in der gemeinsam mit Hrn. LANDOLT von ihm kürzlich heraus-

1) Voir également La Lumière électrique, no. du 20 août 1892, p. 377, et no. du 19 août 1893, p. 347.



gegebenen zweiten Auflage der „Physikalisch-chemischen Tabellen". Daselbst ist auf Seite 538 unter der Ueberschrift „die electrischen Maasseinheiten" angegeben, die ein Ohm darstellende Quecksilbersäule habe bei 0° und 106,3 cm Länge eine Masse von 14,552 g. Statt dieser letzteren Zahl muss es heissen: 14,452 g.

Sitzung vom 2. Februar 1894.

Vorsitzender: Hr. A. Kundt.

Hr. **E. Goldstein** sprach

über einige Arten Kathodenstrahlen.

Der Vortragende unterscheidet im Kathodenlicht inducirter Entladungen mindestens fünf Strahlungen resp. Lichtarten, die einander durchdringen, und gibt in Erweiterung früher von ihm veröffentlichter Resultate eine vergleichende Uebersicht über die hauptsächlichsten Eigenschaften der verschiedenen Strahlungen. Von den drei sogenannten Schichten des Kathodenlichtes in verdünnten Gasen enthält die erste zunächst eine geradlinige Strahlung von sehr enger Apertur; die Strahlen sind auch durch sehr starke magnetische Kräfte nicht deformirbar und erleiden in der Nähe einer zweiten Kathode keine Deflexion; ihre Fähigkeit, Phosphorescenzlicht oder Erwärmung bestrahlter Flächen hervorzurufen, ist verschwindend gering. Bei einer gewöhnlichen, undurchbrochenen Kathode breiten sich diese Strahlen nach der Normalen der Kathode oder in geringer Divergenz davon aus; bei durchbrochenen Flächen pflanzen sich die Strahlen auch durch die Oeffnungen der Kathode hindurch in den an der zweiten Fläche der Kathode gelegenen Raum fort. Trennt dabei die Kathode den Gefässraum in zwei Theile, die nur durch die Oeffnungen der Kathode mit einander communiciren, und von denen einer die Anode enthält, so treten die magnetisch nicht afficirbaren Strahlen (bei geeigneter Grösse der Oeffnungen) an der von der Anode abgekehrten Seite der Kathode allein, ohne die gewöhnlichen Kathodenstrahlen auf; in um so grösserer Länge,

je geringer die Gasdichte ist. Bei zahlreichen Gasen sind Farbe und Spectrum dieser Strahlen von denen der gewöhnlich untersuchten Theile des Kathodenlichtes verschieden. — Die aus den Oeffnungen der Kathode hervortretenden schmalen Bündel dieser Strahlen sind umhüllt von einer dicken nebeligen, vielfach anders gefärbten Lichtmasse, die ebenfalls in der ersten Schicht des Kathodenlichtes vertreten ist. Sie besteht gleichfalls aus geradlinigen Strahlen, die aber von jedem strahlenden Theilchen nicht nur nach der Normale, sondern nach allen Richtungen im Raume ausgehen. Der Magnet hat auch auf diese Strahlen keinen bisher erkennbaren Einfluss, Phosphorescenz- und Wärmewirkungen derselben waren noch nicht zu constatiren. — An der nach der Anode gekehrten Seite der Kathode, und überhaupt auch bei gewöhnlichen Kathoden, an denen das Kathodenlicht auf beiden Seiten mit dem gewohnten Aussehen auftritt, reichen die erwähnten beiden Strahlungen, welche die erste Schicht des Kathodenlichtes bilden, bei hinreichender Gasverdünnung nicht blos bis dahin, wohin die unmittelbare Betrachtung die Grenze der ersten Schicht versetzt, sondern sie können auf weite Strecken in die übrigen Theile des Kathodenlichtes eindringen. Drängt man durch einen Magneten die letzteren Theile zusammen, so erkennt man die weite Ausdehnung der durch den Magneten in ihrer Ausbreitung nicht afficirten, vorher mit dem übrigen Kathodenlicht gemischten und von ihm überglänzten Strahlen der ersten Schicht. —

Auch die Strahlen der zweiten Schicht reichen nicht blos bis dahin, wohin das Auge sie in dem fälschlich so genannten „dark space“ unter gewöhnlichen Umständen verfolgen kann, sondern sie durchdringen die sogenannte dritte Schicht in deren ganzer Dicke. Nicht dem Licht der dritten Schicht, wie man früher glaubte, kommen die als hauptsächlichste Charaktere des Kathodenlichtes gewöhnlich beschriebenen Wirkungen zu, sondern den Strahlen der zweiten Schicht, welche die dritte durchdringen. Dahin gehören z. B. die starken Phosphorescenz- und Wärmewirkungen, die Schatten im Phosphorescenzlicht und in dem direct wahrnehmbaren Leuchten des Gases etc. Die zweite Schicht breitet sich geradlinig aus, das Licht der dritten Schicht erfüllt Räume, die von

der Kathode aus nicht mehr geradlinig erreichbar sind und kann um eine Biegung des Entladungsgefässes herumgehen. Eine ausführlichere Darlegung dieser Verhältnisse kommt demnächst in den Annalen zum Abdruck. —

Die Strahlen der zweiten Schicht sind nach den Normalen der Kathodenflächen oder relativ wenig davon abweichend gerichtet. Bei sphärisch-concaven Kathoden von bestimmtem, z. B. polygonalem Umriss entsteht daher durch die Phosphorescenzwirkung der sich nahe dem Krümmungsmittelpunkt kreuzenden und dann wieder divergirenden Strahlen auf der Gefässwand ein umgekehrtes Abbild der Kathodenfigur. Der Vortragende hat aber früher (Wied. Ann. Bd. 15 S. 254) auch gezeigt, dass polygonale Kathoden, concave sowohl wie andere, im Phosphorescenzlicht der Wandung ausserdem noch Figuren von sternförmiger Gestalt erzeugen, bei denen je ein Sternarm einer Polygonseite entspricht, und die stets grösser sind als die Kathode. Die nähere Untersuchung hat ergeben, dass diese Sternfiguren abermals durch ein besonderes Strahlensystem erzeugt werden. Die Strahlen dieses Systems sind stets, auch bei stark concaven Kathoden, divergent gegen die Axe der Kathode, kreuzen sich also nicht mit den Strahlen der gegenüberliegenden Kathodenhälfte. Von den Strahlen der zweiten Schicht unterscheiden sie sich ausserdem dadurch, dass sie kein wahrnehmbares Leuchten des Gases veranlassen; ihre Eigenschaften konnten bisher nur vermöge ihrer starken Phosphorescenzwirkungen untersucht werden. Sie sind dem Magneten wie die Strahlen der zweiten Schicht unterworfen und werden in der Nähe einer zweiten Kathode deflectirt. — Im Anschluss an diese Mittheilungen über die Structur des Kathodenlichtes führte der Vortragende noch aus, dass auch im secundären negativen Lichte und im positiven Licht mindestens zwei einander durchdringende Lichtarten zu unterscheiden seien, und zwar entspricht die eine in ihren Eigenschaften den Strahlen der zweiten Schicht, die andere der dritten Schicht des Kathodenlichtes. —

Obwohl das secundäre negative Licht in zahlreichen charakteristischen Eigenschaften mit Theilen des Kathodenlichtes übereinstimmt, zeigt es doch meist von dem letzteren abweichende Färbungen, und es fehlt der äussere Anschein der

Schichtung. Auch die Uebereinstimmung in der Farbe und die Sonderung in scheinbare Schichten aber findet statt bei den Strahlen, die der Vortragende als künstliche Kathodenstrahlen bezeichnet. Dieselben entstehen bei einer Anordnung, welche dem zur Isolirung der Strahlen der ersten Schicht gebrauchten Arrangement äusserlich ähnlich ist. Man trennt den Entladungsraum durch ein metallisches Diaphragma in zwei Theile, welche durch relativ enge Oeffnungen des Diaphragmas communiciren. Die Electroden befinden sich aber zu beiden Seiten des Diaphragmas, beliebig weit von ihm entfernt. Dann treten bei geeigneter Gasverdünnung aus den Oeffnungen an der nach der Anode gekehrten Seite des Diaphragmas helle, dünne, geradlinige Strahlenbündel heraus, die von dem gewöhnlichen Kathodenlichte durch den unmittelbaren Augenschein nicht mehr zu unterscheiden sind. Es sind eigentlich Bündel von secundärem negativem Licht, die aber Modificationen erfahren haben, durch die sie den Kathodenstrahlen noch ähnlicher geworden sind. Neben einem Theil der Entladung, der durch die Oeffnungen geht und das secundäre negative Licht bildet, geht nämlich ein anderer Theil durch die Metallsubstanz und veranlasst, dass die nach der Anode gekehrte Fläche des Diaphragmas eine Kathode wird. Das Entladungslicht dieser Kathode zeigt die gewöhnlichen drei sogenannten Schichten, wenn auch in um so geringerer Lichtstärke, je grösser die Summe der Oeffnungen im Verhältniss zur Grösse der Metallfläche ist. In dem Raume nun, welcher von der Oberfläche einer Kathode bis zum Beginn der dritten Schicht reicht, erfahren hindurchtretende Strahlen von secundärem negativem Licht, auch gewöhnliche Kathodenstrahlen, besondere Einwirkungen. Für die secundären negativen Strahlen gehört zu diesen Einwirkungen die Assimilirung in Farbe und scheinbarer Schichtbildung. Eine nähere Darlegung dieser Verhältnisse muss vorbehalten bleiben. — Die künstlichen Kathodenstrahlen sind, abgesehen von dem Interesse, welches ihre sonstigen Eigenschaften bieten, vielfach von Bedeutung für die Technik des Experiments, dadurch, dass sie gestatten, Strahlenbündel von beliebiger Querschnittform und grosser Helligkeit herzustellen, z. B. breite ebene Strahlenbänder, wenn die Oeffnungen des Diaphragmas

geradlinige Schlitze sind. Verlaufen die Schlitze krummlinig, so haben die Strahlenbänder ganz entsprechenden Querschnitt. —

Der Vortragende demonstrirte das Verhalten der verschiedenen Strahlenarten an zahlreichen evacuirten Entladungsgefässen.

Sitzung vom 16. Februar 1894.

Vorsitzender: Hr. H. VON HELMHOLTZ.

Hr. **M. Planck** hielt folgende

Gedächtnissrede auf Heinrich Hertz.

Das junge Jahr hat mit einem Trauerfall begonnen, dessen erschütternde Tragik mit elementarer Gewalt bis weit über die Kreise der physikalischen Wissenschaft hinaus gedrungen ist. Noch an der Schwelle des reiferen Mannesalters ist HEINRICH HERTZ mitten aus rastloser Arbeit und grossen Plänen heraus, nach einem von fast beispiellosen Erfolgen gekrönten Wirken, einer heimtückischen Krankheit zum Opfer gefallen und mit ihm einer der Führer unserer Wissenschaft, ein Stolz und eine Hoffnung der Nation, zu Grabe getragen worden.

Die physikalische Gesellschaft trauert nicht blos um den Gelehrten, sie besitzt an ihm nähere Rechte persönlicher Art. Oft hat er an dieser Stelle das Wort ergriffen, oft auf den Gang unserer Debatten klärend und anregend eingewirkt, kaum eine Arbeit erschien von ihm während seiner hiesigen Periode, ohne dass er sie vorher hier in engerem Kreise besprochen hätte, und auch nachdem er Berlin dauernd verlassen, ist er als auswärtiges Mitglied der Gesellschaft treu geblieben. Der Schlichtheit und Geradheit seines äusseren Auftretens entspricht sein ganzer Lebensgang. Geboren am 22. Februar 1857 in Hamburg als der älteste Sohn des damaligen Rechtsanwaltes, jetzigen Senators und Chefs der Justizverwaltung, empfing HEINRICH RUDOLF HERTZ, nach der in Hamburg üblichen Sitte seinen ersten Unterricht in einer Privatbürgerschule, trat dann aber später in die Prima der Hamburger Gelehrtenschule, des Johanneums, ein. Schon als Knabe zeigte er neben einem



erstaunlichen Gedächtniss vielseitige Anlagen, namentlich nach der naturwissenschaftlichen und technischen Seite hin. Eine Lieblingsbeschäftigung war ihm, an der Hobelbank oder der Drehbank zu arbeiten, wo er sich allerlei Instrumente zum Privatgebrauch anfertigte, so z. B. ein vollständiges Spectroskop. Daneben zeichnete und malte er gern, trieb auch etwas Botanik. Sehr bald warf er sich, wie wohl jeder selbstständig aufstrebende Jünger der exacten Forschung, auf die höchsten Probleme der Astronomie, Physik und Mathematik, worin er natürlich seinen Mitschülern weit voraus war. Aber auch auf anderen Gebieten, namentlich dem der Sprachwissenschaften, war ausgesprochenes Talent und auch Neigung vorhanden. Seinen klassischen Studien oblag er mit grossem Eifer, er konnte noch in späteren Jahren Seiten lang aus dem Homer oder aus den griechischen Tragikern frei recitiren. Ja, im Sanskrit und im Arabischen, das er in seinem Wissensdurst auch zu erlernen begonnen, brachte er es schliesslich so weit, dass sein Privatlehrer dem Vater ernstlich zuredete, ihn Sprachwissenschaften studiren zu lassen, er werde gewiss in diesem Fache einmal Hervorragendes leisten. Doch mit allen diesen Daten wäre seine Persönlichkeit nur halb geschildert, wollte man nicht gleich die andere Seite, das ganz besonders lebhaft ausgesprochene Pflichtgefühl, hinzufügen, das unseren Hertz von Kindheit auf auszeichnete, und in dessen Vereinigung mit seinen hohen geistigen Anlagen, gewürzt durch eine Gabeglücklichen Humors, eine nothwendige Vorbedingung für die Ausgestaltung seines späteren Lebens zu suchen ist.

Als er Ostern 1875 das Gymnasium mit dem Zeugniss der Reife verlassen hatte, ging er zunächst, in der Absicht, sich dem Ingenieurfach zu widmen, nach Frankfurt a. M., wo er als Volontär beim städtischen Bauamt am Bau der neuen Mainbrücke arbeitete, studirte dann ein Semester am Polytechnikum zu Dresden und diente hierauf in Berlin sein Einjährig-Freiwilligen-Jahr im Eisenbahnregiment ab. Im Herbst 1877 konnte er seine Studien fortsetzen und zwar zunächst in München. Hier war es, wo er durch den Uebertritt zur Universität sich endgültig für die reine Wissenschaft entschied; nicht, als ob es ihm vorher an hinreichender Neigung



dazu gefehlt hätte — aus derselben hat er zu keiner Zeit ein Hehl gemacht —, sondern weil er früher, noch nicht im Besitze des gehörigen Ueberblicks, seine Fähigkeiten in dieser Richtung unterschätzt hatte.

Die letzten, fruchtbringendsten Jahre seiner Studienzeit brachte er in Berlin zu. Hier hat in erster Linie Hermann von Helmholtz, in zweiter Gustav Kirchhoff durch Beispiel und Lehre eine nachhaltige, bis ins einzelne gehende Wirkung auf sein wissenschaftliches Denken ausgeübt, wofür er diesen Männern zeitlebens eine überaus warme Anhänglichkeit entgegenbrachte. Seine erste grössere Arbeit, die er in diesem, damals neu erbauten Institut ausführte, wurde angeregt durch eine von der philosophischen Facultät für das Jahr 1879 gestellte Preisaufgabe und nach ihrer Vollendung auch mit dem Preise gekrönt. Sie betraf die experimentelle Untersuchung einer etwaigen lebendigen Kraft der im galvanischen Strom bewegten Electricitätsmassen. Eignet man sich die Anschauung von Wilhelm Weber an, dass im electrischen Strom zwei feine aber doch träge Fluida, die positive und die negative Electricität, mit gleich grosser Geschwindigkeit und gleicher Dichte nach entgegengesetzten Richtungen fliessen, so ergiebt die lebendige Kraft dieser Bewegung für jeden Strom einen Ausdruck, welcher als Zusatzglied zu der electrokinetischen Energie, die durch das Eigenpotential bestimmt wird, hinzutritt und daher denselben Effect hat, als ob der aus jenem Potential zu berechnende Selbstinductionscoefficient um ein constantes Glied vergrössert wäre. Hertz gelang es nun, durch die Messung der Extraströme, die in zwei dicht nebeneinanderhinlaufenden Drähten auftreten, wenn sie einmal in gleichem, einmal in entgegengesetztem Sinne vom primären Strom durchflossen werden, den Nachweis zu führen, dass die fragliche lebendige Kraft der bewegten Electricitäten, falls sie überhaupt von Null verschieden ist, jedenfalls kleiner sein muss, als eine bestimmte angegebene sehr kleine Grösse. Allerdings musste er vorläufig diesen Satz noch mit dem Vorbehalte versehen, dass die Dichte der electrischen Fluida nicht gerade proportional ist der specifischen Leitungsfähigkeit des benutzten metallischen Leiters. Denn seine Versuchsanordnung (Wheatstone'sche Brücke) war so gewählt, dass, wenn gerade dieses

specielle Gesetz gelten würde, eine etwaige Trägheit der bewegten Electricität sich in den Messungen gar nicht hätte geltend machen können. Er behielt deshalb den Gegenstand noch weiter im Auge und konnte in der That bald darauf durch Benutzung einer vortheilhafteren Methode nicht nur diese Beschränkung aufheben, sondern jene obere Grenze noch erheblich herabdrücken. Er liess nämlich eine horizontale Metallplatte um eine verticale Axe rotiren und einen constanten Strom in zwei festen Punkten ein- und austreten. Besässe nun die strömende Electricität die geringste Trägheit, so müsste dieselbe in einer seitlichen Verschiebung der Stromlinien zum Ausdruck kommen. Eine solche konnte aber nicht nachgewiesen werden. Von der Kleinheit der jetzt gefundenen Grenze macht man sich eine Vorstellung, wenn man die Verhältnisse in einem Electrolyten zum Vergleich nimmt. Hier ist der electrische Strom mit dem Transport von Materie verbunden, die Geschwindigkeit der Ionen ist allerdings sehr klein, und ihre lebendige Kraft, als proportional den bewegten Massen und dem Quadrate ihrer Geschwindigkeit, ebenfalls; und dennoch ist diese leicht berechenbare lebendige Kraft noch sehr gross gegen die der Electricität selber, sodass die Trägheit der Electricität gegen die der Ionen jedenfalls zu vernachlässigen ist.

Im März 1880 promovirte Hertz mit einer theoretischen Dissertation über die Induction in rotirenden leitenden Kugeln oder Hohlkugeln zwischen Magneten. Er löste die aus der Neumann'schen Theorie abgeleiteten Differentialgleichungen des Problems mittelst Zerlegung des inducirenden Potentials nach Kugelfunctionen. Bei geringen Drehgeschwindigkeiten kann von der Selbstinduction ganz abgesehen werden; bei grossen Drehgeschwindigkeiten wird die Selbstinduction aber so stark, dass die Strömung in den inneren Schichten ganz verschwindet und sich auf die oberflächlichen Theile des Leiters zurückzieht. — Gewissermaassen als Seitenstück zu dieser Arbeit erscheint die bald darauf von ihm, damals schon Assistent am physikalischen Institut, publicirte, ebenfalls wesentlich theoretische Untersuchung der Vertheilung der Electricität auf der Oberfläche bewegter Leiter, namentlich rotirender Kugeln. Hier erfolgt die Drehung nicht im magnetischen, sondern im



electrostatischen Felde. Die resultirenden Erscheinungen sind im wesentlichen bedingt durch das Verhältniss des electrostatisch gemessenen specifischen Widerstandes des Leiters zur Umdrehungszeit (bekanntlich eine reine Zahl). Beide Grenzfälle werden in der Natur verwirklicht. Bei Metallen ist der Widerstand unendlich klein, bei guten Isolatoren unendlich gross gegen die Umdrehungszeit. In diesen beiden speciellen Fällen kann keine Dämpfung der Drehung eintreten: im ersten, weil das Potential innerhalb des Metalls immer constant ist und die Ströme daher keine merkliche Spannung besitzen, im zweiten, weil gar kein Strom zu Stande kommt. Im allgemeinen aber wird Dämpfung stattfinden, weil dadurch, dass die Electricität im Leiter immer neuen Anordnungen zustrebt, Ströme bedingt werden, die Joule'sche Wärme erzeugen. Er liess daher eine horizontale Nadel, die an den Enden horizontale Messingplättchen trug, horizontale Torsionsschwingungen dicht über einer schlecht leitenden horizontalen Glasplatte ausführen und erhielt in der That eine sehr merkliche Vergrösserung der Dämpfung in dem Momente, wo er die Plättchen electrostatisch lud.

Weniger positive Resultate ergab eine Arbeit, die Hertz bald darauf über die Verdunstung von Quecksilber im leeren Raum ausführte. Er liess erhitztes Quecksilber durch ein Vacuum überdestilliren in eine Vorlage von constanter tiefer Temperatur, etwa 0°. Es kam ihm darauf an, die Geschwindigkeit der Verdunstung als bestimmte Function der Temperatur der Flüssigkeitsoberfläche und des Dampfdruckes hinzustellen. Die vollständige Durchführung dieser Absicht scheiterte aber an den complicirten Verhältnissen des Vorganges und der dadurch bedingten Schwierigkeit der Messungen, sowohl der Temperatur als auch des Druckes. Um nur eins zu erwähnen: er hatte anfangs vermuthet, der Druck des überdestillirenden Quecksilberdampfes sei im ganzen Raume gleich dem des gesättigten Dampfes an der kältesten Stelle des Raumes, also bei 0° — ein Resultat, das ja zweifellos dann gelten müsste, wenn der Druck überall der nämliche wäre. Aber die nähere Beobachtung lehrte, dass diese Voraussetzung auch nicht annähernd erfüllt ist. Ebenso zeigt die Temperatur in der Nähe der verdunstenden Fläche starke örtliche Veränderlich-

keit, entsprechend der dort stattfindenden Wärmeabsorption. Schliesslich begnügte er sich damit, bestimmte Grenzwerthe festzulegen, zwischen denen die wirklichen Erscheinungen sich abspielen. Doch hat er bei dieser Gelegenheit auch eine für die Quecksilberluftpumpe wichtige Berechnung der Spannkraft des gesättigten Quecksilberdampfes bei tieferen Temperaturen aus den allgemeinen Grundsätzen der Thermodynamik durchgeführt.

Um dieselbe Zeit wandte er sich auch Problemen der Elasticitätstheorie zu, zunächst mit einer Arbeit über die Berührung fester elastischer Körper. Er zeigte, dass die Theorie alle Bedingungen des Gleichgewichts in zwei aneinander gepressten elastischen Körpern, sowohl die Deformationen als auch die Spannungen, vollständig bestimmt, dass speciell die Berührungsfläche, eine kleine Fläche zweiten Grades, die von ihm sogenannte Druckfläche, begrenzt wird von einer Ellipse, deren Dimensionen wachsen wie die Kubikwurzel aus der Kraft, mit der die Körper gegeneinander drücken. Hieran schlossen sich ähnliche Arbeiten, von denen noch eine genannt werden möge, die eine Definition der Härte eines Körpers enthält. Es wird nämlich als Maass der Härte derjenige normale Druck vorgeschlagen, welcher im Mittelpunkt einer kreisförmigen Druckfläche des Körpers herrscht, wenn eben die Elasticitätsgrenze erreicht ist. Allerdings leidet diese Definition an derselben Unsicherheit, welche der Bestimmung einer Elasticitätsgrenze überhaupt anhaftet.

Nicht lange aber, so trieb es ihn wieder zu Experimenten auf seinem Lieblingsgebiet zurück, in dem er mit Recht noch den ergiebigsten Boden dafür vermuthete, diesmal über Entladungsvorgänge. Es war ihm eine eigenthümliche Erscheinung beim Ueberschlagen des Funkens durch mässig verdünnte trockene Luft aufgefallen, die sich indess bei näherer Untersuchung nur als die mechanische Fortschleuderung einer leuchtenden Gaswolke erwies. Ausführlicher untersuchte er die Vorgänge bei der Glimmentladung durch eine constante Batterie. Die erste Frage war die: Ist die Glimmentladung immer disruptiv, wie dies ja auch bei constanten Batterien für viele Fälle als unzweifelhaft festgestellt ist, oder ist sie manchmal auch streng continuirlich? Durch Anwendung immer feinerer Prüfungsmethoden konnte er schliesslich den Nachweis führen, dass es



Glimmentladungen gibt, die, wenn sie disruptiv sind, mindestens zwei Billionen Entladungsschläge in der Secunde liefern, sodass alle Gründe der Wahrscheinlichkeit dafür sprechen, sie als vollkommen continuirlich anzusehen. Eine zweite Frage betrifft das Kathodenlicht: Bezeichnen die Kathodenstrahlen die Bahn des Stromes? hat überhaupt der Strom direct etwas mit den Kathodenstrahlen zu thun? und wenn nicht, wie verlaufen die Stromlinien, d. h. die Linien der eigentlichen Entladung? Der erste Theil der Frage, der durch die bekannte Wirkung eines Magneten auf die Kathodenstrahlen einigermaassen nahegelegt schien, musste nach allen verschiedenartigen Versuchen verneint werden, und nachdem sich ferner herausgestellt hatte, dass wohl ein Magnet auf die Kathodenstrahlen, nicht aber umgekehrt die Kathodenstrahlen auf einen Magnet wirken, konnte er die Lage der Stromlinien durch Absuchen des Entladungsfeldes mit einer kleinen Magnetnadel in speciellen Fällen feststellen. Dieselben wichen sichtlich von den Kathodenstrahlen ab, standen sogar stellenweise senkrecht darauf. Hiernach sind Stromlinien und Kathodenstrahlen von vornherein gänzlich unabhängig voneinander, und die Einwirkung eines Magneten auf die Kathodenstrahlen ist nicht dem HALL'schen Phänomen, sondern etwa der magnetischen Drehung der Polarisationsebene des Lichtes zu vergleichen.

Zu erwähnen sind aus der Berliner Zeit schliesslich noch einige kleinere experimentelle Arbeiten, mit denen er sich gelegentlich beschäftigte, so die Construction eines Hygrometers, dessen Princip auf der Gewichtszunahme beruht, die Chlorcalcium durch Wasserdampfabsorption erfährt, ferner eines Electrodynamometers, welches die Intensität eines Wechselstromes durch die thermische Ausdehnung eines vom Strom durchflossenen Silberdrahtes mittelst einer Torsionsvorrichtung misst, und welches er zu seinen Versuchen über Glimmentladung benutzte, endlich eine Untersuchung über das Verhalten des Benzins als Isolator und als Rückstandsbildner. Mit Rücksicht auf die neuere Ansicht, dass die Rückstandsbildung einer Substanz immer auf mangelnde Homogenität im Innern zurückzuführen ist, kam es ihm darauf an, einen unzweifelhaft homogenen Körper ausfindig zu machen, der trotz-



dem Rückstandsbildung zeigt. Das käuflich reine Benzin, welches er zu diesem Zwecke für geeignet hielt, genügte diesen Anforderungen aber nicht; denn solange es einen merklichen Rückstand zeigte, erwies es sich als verunreinigt. Später im Strassburger Laboratorium von LEO ARONS ausgeführte Versuche haben es bekanntlich höchst wahrscheinlich gemacht, dass die Rückstandsbildung im Innern einer Substanz in der That in allen Fällen von mangelnder Homogenität herrührt, nämlich von der örtlichen Veränderlichkeit des Verhältnisses zwischen Leitungsfähigkeit und Dielectricitätsconstante.

Eine jede der bis jetzt beschriebenen, in einem Zeitraum von 3 bis 4 Jahren vollendeten Arbeiten lässt, auch da, wo die gewonnenen Resultate dem dafür aufgewandten Scharfsinn und Fleiss nicht entsprechen, neben der enormen Arbeitskraft den Ideenreichthum und die gründliche Schulung, vor allem aber die besonnene Selbstkritik des Verfassers in vollem Lichte erkennen, sodass ihr Studium auch heute jedem jungen Physiker Anregung und Belehrung gewähren wird. Bemerkenswerth ist dabei, dass sich viele der hier von ihm erhaltenen Sätze in eine negative Form kleiden lassen: „es gibt keine lebendige Kraft der bewegten Electricität, die Glimmentladung ist nicht immer discontinuirlich, die Kathodenstrahlen bezeichnen nicht den Gang des Stromes“ etc. Es zeigt sich hieraus, dass es ihm zunächst durchaus nicht sowohl darauf ankam, durch Aufdeckung neuer, überraschender Thatsachen äussere Erfolge zu erringen — in vielen Fällen liessen sich sogar die Resultate, auf Grund früherer Erfahrungen, einigermaassen voraussehen —, sondern vielmehr darauf, sich selber durch allseitig einwurfsfreie und dabei doch möglichst weitführende Methoden die nöthige Klarheit und damit eine zweckmässige Vorstellung von dem Wesen der betreffenden Vorgänge zu verschaffen. Damit hängt zusammen, dass er sich nie mit der Aufstellung der einfachen Behauptungen begnügte, sondern stets durch Bestimmung von Grenzwerthen feststellte, bis zu welchem Grade die Behauptung durch seine nach den verschiedensten Richtungen hin mit aller nöthigen Musse variirten Versuche gerechtfertigt wurde, und gerade dies charakterisirt den wissenschaftlichen Experimentator. Es ist ja sehr viel bequemer und klingt sogar besser, einen Satz ohne Angabe

von Grenzen einfach als allgemein gültig hinzustellen, indem man sich die Verfügung über die Grenzen stillschweigend für spätere Eventualitäten vorbehält. Das hat HERTZ nie gethan, er hat sich nie gescheut, solche Grenzberechnungen anzustellen, die unter Umständen wegen der vielen in Betracht zu ziehenden verschiedenartigen Einflüsse sowohl physikalisch als auch mathematisch schwer durchzuführen sind und den ganzen Weitblick eines allseitig geschulten Physikers erfordern.

Im Jahre 1883 habilitirte sich HERTZ an der Universität Kiel und erhielt gleichzeitig einen Lehrauftrag für theoretische Physik. Hierdurch und infolge der weniger bequemen Gelegenheit zum Experimentiren wurde für eine Zeit lang sein Streben mehr in theoretische Bahnen gelenkt. Mochten es die stets wechselnden, dem Physiker unaufhörlich Probleme stellenden Eindrücke des schönen Kieler Hafens sein, auf dem er in einem heiteren Kreise gleichalteriger Collegen sich häufig dem Vergnügen der Spazierfahrten mit dem Dampf- oder Segelboot hingab, mochte ihn sein innerer Drang nach Einheit der Naturauffassung zur Anwendung der im Laboratorium gemachten Studien auf die grosse Natur reizen, jedenfalls begann er, sich um diese Zeit eifriger mit meteorologischen Studien zu beschäftigen. Schon früher hatte er einmal gelegentlich die flutherregende Wirkung der Gestirne untersucht, jetzt arbeitete er eine graphische Methode zur Bestimmung der adiabatischen Ausdehnung feuchter Luft aus. Man erhält offenbar hier zwei Arten von Curven, durch deren Aufzeichnung sich ein guter Ueberblick über die genannten Veränderungen gewinnen lässt: denn solange die Luft nicht mit Wasserdampf gesättigt ist, erfolgt die adiabatische Ausdehnung nahezu wie bei einem vollkommenen Gase, auf einer Curve der ersten Art, bis zu dem Augenblick, wo Sättigung eintritt. Von da ab bleibt bei weiterer Ausdehnung die Luft immer gerade gesättigt, indem sich ein entsprechendes Quantum Dampf niederschlägt, dabei Wärme entwickelt und so eine Zustandsänderung bewirkt, die durch eine Curve der zweiten Art dargestellt wird.

Von Kiel aus veröffentlichte er auch die hauptsächlich schon in Berlin angestellten Studien über das Gleichgewicht einer

schwimmenden elastischen Platte, z. B. einer Eisscholle auf Wasser, die in ihrer Mitte ein Gewicht trägt — ein Problem, das in mehrfacher Beziehung Interesse darbietet. Die vollständige Lösung dieser Aufgabe auf Grund der allgemeinen Gleichungen der Elasticitätstheorie lehrt u. a. Folgendes: Ist die Platte unendlich ausgedehnt, so verursacht das Gewicht in der Mitte eine elastische Einsenkung, ringsherum ein Ansteigen, aber nicht ein allmähliches bis zum normalen Niveau, sondern merkwürdigerweise periodische Hebungen und Senkungen, deren Höhen allerdings nach aussen schnell abnehmen. Noch merkwürdiger ist, dass der durch die Höhlung bewirkte Auftrieb des Wassers immer gerade gleich dem belastenden Gewicht ist, unabhängig von der Dicke und dem specifischen Gewicht der Platte. Also eine grosse Eisscholle trägt jedes in ihrer Mitte befindliche Gewicht, wenn sie auch noch so dünn ist, sobald die Elasticitätsgrenze nicht überschritten wird, d. h. die Grenze der Tragfähigkeit wird nicht durch die Leichtigkeit, sondern durch die Festigkeit des Eises bedingt. Geradezu paradox klingen aber die Folgerungen, wenn man begrenzte Platten voraussetzt. Eine begrenzte Platte, die specifisch schwerer ist als Wasser, wird natürlich untersinken, wenn sie horizontal auf eine Wasserfläche gelegt wird. Belastet man sie aber hinlänglich in der Mitte, so wird sie vermöge der Einbiegung schwimmen, und zwar desto sicherer, je grösser die Last ist; wenn sie nur nicht durchbricht. Nimmt man die Last allmählich wieder fort, so wird die Schwimmfähigkeit immer geringer, und bei einer gewissen Grenze versinkt die Platte mit dem Reste der Last.

In dieser Weise ging er jeder einmal aufgeworfenen Frage nach bis zu ihrer vollständigen Erledigung. Mathematische Schwierigkeiten schreckten ihn dabei niemals ab, er pflegte das sogar principiell für unzulässig zu erklären. Ein physikalisches Problem muss eben zuerst durch Weglassung aller nebensächlichen Complicationen, die nur die mathematische Behandlung erschweren, auf seine reinste, einfachste Form gebracht werden. „Mathematisch geht alles“, sagte er, „wenn man es nur richtig anfasst“. Um das zu können, muss man freilich nicht nur Mathematiker, sondern auch Physiker sein. Brachte

ihn dann die Analyse auf ein Resultat, das ihm unerwartet war oder mit bestehenden Anschauungen in Widerspruch trat, so zögerte er keinen Augenblick, die logischen Consequenzen als die allein berechtigten anzuerkennen und die Anschauungen danach umzuformen. Anders, wenn das Resultat der Rechnung mit einer Thatsache in Conflict gerieth. HERTZ war die Ueberzeugung von der Uebereinstimmung der Gesetze der Natur mit denen der menschlichen Logik viel zu sehr Lebensbedürfniss geworden, als dass ein solcher Fall ihn nicht in das grösste Unbehagen versetzt hätte. Dann konnte es kommen, dass er sich Stunden lang ganz und gar von der Aussenwelt abschloss, ganz in seine Gedanken versunken, etwa ein Melodie pfeifend auf- und abging, bis endlich der Fehler gefunden und er wieder mit seinem Gewissen im Reinen war.

In derselben Zeit begann er auch wieder die Electrodynamik zu studiren, um dies Gebiet von da ab nicht mehr zu verlassen, zunächst mit einer Abhandlung über die Beziehungen zwischen den MAXWELL'schen Grundgleichungen und den Grundgleichungen der gegnerischen (d. h. der WEBER'schen und der NEUMANN'schen) Electrodynamik. Es ist dies eine theoretische Leistung ersten Ranges, die vollkommen ebenbürtig seinen späteren Arbeiten auf diesem Gebiete an die Seite zu stellen ist. Bis dahin war der Gegensatz der genannten Theorien immer nur in der Verschiedenheit ihrer Aussagen über das Verhalten ungeschlossener Ströme gesucht worden. HERTZ zeigte, dass man auch innerhalb des Gebietes der gleichförmigen geschlossenen Ströme einen Punkt auffinden kann, von dem aus eine Entscheidung möglich ist. Dieser Punkt ist der Satz von der Einheit der electrischen, sowie der der magnetischen Kraft. Wenn es nur eine einzige electrische Kraft gibt, wenn also die Kraft, mit der eine geriebene Ebonitstange ein electrisch geladenes Hollundermarkkügelchen anzieht oder abstösst, dieselbe ist wie die Kraft, mit der ein bewegter oder sonstwie veränderter Magnet in einem Leiter einen electrischen Strom inducirt, so muss derselbe Magnet auch ein geladenes Hollundermarkkügelchen in Bewegung setzen können; dann muss auch umgekehrt nach dem mechanischen Princip von Wirkung und Gegenwirkung

ein electrostatisch geladener Körper auf einen veränderten Magneten ponderomotorisch wirken, und dann muss schliesslich ein veränderter Magnet auf einen anderen veränderten Magneten. abgesehen von der gewöhnlichen magnetischen Wirkung, ponderomotorisch wirken mit einer electrischen Kraft, die von der relativen Bewegung der Magnete bez. von den Veränderungen ihrer Magnetismen abhängt. Nun kennt aber die auf Fernewirkungen aufgebaute Electrodynamik nur solche ponderomotorische Wirkungen zwischen Magneten, die von den Magnetismen selber abhängen, nicht aber von den zeitlichen Veränderungen, und es ergiebt sich also daraus, dass diese Theorie, von dem eingenommenen Standpunkte aus betrachtet, unvollständig ist. Die Hinzufügung des betreffenden Gliedes ergiebt eine bestimmte Correction, die allerdings nur sehr klein ist, da sie das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit im Nenner enthält. Dabei kann man aber nicht stehen bleiben. Aus einer Correction der ponderomotorischen Wirkungen ergiebt sich nach dem Princip der Erhaltung der Energie mit Nothwendigkeit eine Correction der Inductionswirkungen. Da aber die inducirenden Kräfte mit den ponderomotorischen wesensgleich sein sollen, so folgt wieder eine neue Correction der ponderomotorischen Wirkungen, und so geht der Schluss ins Unendliche weiter. Bringt man jedesmal die betreffende Correction wirklich an, so erhält man, wie ersichtlich, sowohl für die ponderomotorischen, als auch für die Inductionswirkungen electrischer wie magnetischer Art unendliche Reihen, die nach absteigenden geraden Potenzen der Lichtgeschwindigkeit fortschreiten und daher im allgemeinen convergiren. Das Merkwürdige nun ist, dass diese Reihen den von Maxwell für die electromagnetischen Störungen aufgestellten Differentialgleichungen, nach welchen sich diese Störungen mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzen, genau Genüge leisten. Diese eigenthümliche Ableitung der Maxwell'schen Theorie aus der Annahme einer unvermittelten Fernewirkung ist natürlich nicht als ein Beweis dieser Theorie anzusehen, weil aus einer ungenauen Annahme kein genaues Resultat zu folgen braucht, aber die Betrachtung hat auch nur den Zweck, zu zeigen, dass die Annahme einer momentanen Fernewirkung, wenn sie auch für langsame Aenderungen eine grosse Annäherung ergiebt, in

Strenge unvereinbar ist mit dem durch seine Einfachheit plausibeln Satz von der Einheit der electrischen, sowie der der magnetischen Kraft, während die MAXWELL'sche Theorie diese Lücke nicht aufweist. Es kann wohl kaum einem Zweifel unterliegen, dass diese Erwägungen schon damals bei HERTZ ein erhebliches Gewicht zu Gunsten der MAXWELL'schen Theorie in die Schale warfen, wenn es ihm auch, wie wohl jedem deutschen Physiker, nicht leicht geworden sein mag, den Forderungen des Verstandes durch Aufgeben gewohnter Vorstellungen Genüge zu leisten. Um möglichst sicher zu gehen, hat er bekanntlich seine späteren Versuche einstweilen noch vom Standpunkt der von HELMHOLTZ entwickelten Theorie gedeutet, welche alle anderen Theorien als Specialfälle umfasst. — Ein kurz darauf erschienener Aufsatz lieferte einen kleinen Beitrag zu der damals umstrittenen Frage der Dimensionen der electrischen und magnetischen Grössen.

Trotz der in dieser Kieler theoretischen Periode erreichten Erfolge konnte es nicht fehlen, dass HERTZ sich je länger, je lebhafter zurücksehnte nach seiner Lieblingsbeschäftigung: dem Experiment. Er hatte sich in einem sonst unbenutzten Nebenraum seiner Wohnung mit primitiven Mitteln eine Art Laboratorium eingerichtet, und wollte sich eben auch daran machen, mit Erlaubniss und Unterstützung des Directors des Kieler physikalischen Instituts, GUSTAV KARSTEN, thermoelectrische Versuche anzustellen, als ihn ein ehrenvoller Ruf selber an die Spitze eines Instituts, am Polytechnikum in Karlsruhe, stellte, wohin er auch alsbald, im Frühjahr 1885, übersiedelte.

In Karlsruhe lernte er die liebenswürdige Tochter Elisabeth seines Collegen, des Geodäten DOLL, kennen und führte sie, die jetzt mit zwei unmündigen Töchtern um ihn trauert, bald darauf als Gattin heim. Nun brach für ihn die grosse Epoche seines Lebens an, bezeichnet durch die in eine Reihe von Abhandlungen zerfallende Arbeit über electrische Schwingungen, in welcher er die Natur zu Aeusserungen zwang, die vor ihm kein Mensch wahrgenommen hatte. Es könnte die Frage naheliegend erscheinen, wieviel Antheil an dem Gelingen dieses einzigen Werkes die Anlage und consequente Durchführung eines bewussten Planes, wieviel ein günstiges Zu-

sammentreffen äusserer unvorhergesehener Umstände gehabt habe. Allein abgesehen davon, dass der Versuch eines näheren Eindringens in das Geheimniss jener wundersamen Verkettung von Verdienst und Glück dem Neugierigen selber leicht schlecht bekommt, ist diese Frage hier auch schon deshalb zwecklos, weil sie, soweit sich überhaupt etwas Zuverlässiges darüber sagen lässt, ihre Beantwortung schon durch ihn selber erhalten hat in den Vorbemerkungen zu seinem Buche über die Ausbreitung der electrischen Kraft. Es geht daraus hervor, dass, wie wohl überall bei länger dauernden Unternehmungen, so auch hier, die äusseren Umstände manchmal in günstiger, ebenso oft aber auch in ungünstiger Weise den Fortgang des Werkes begleitet haben. Letzteres tritt z. B. hervor in den Störungen, welche die zu beobachtenden electrischen Schwingungen durch die umgebenden Körper des Beobachtungsraumes erlitten. Anfangs erwiesen sich diese Störungen der richtigen Deutung der Beobachtungen sehr hinderlich, höchst wahrscheinlich sind sie die Veranlassung geworden zu der einzigen Täuschung von wesentlicherem Belange, die Hertz in diesem zuerst von ihm betretenen Erscheinungsgebiet begegnet ist, nämlich zu der Annahme, dass die electrischen Wellen sich an Drähten langsamer fortpflanzen, als in freier Luft; später wurden dieselben Störungen freilich wieder ein Glück dadurch, dass sie Hertz auf den Gedanken der Erzeugung stehender Wellen durch Reflexion an einer Wand brachten, — eine Idee, die ihm in einem grösseren und freieren Beobachtungsraum vielleicht nicht so bald gekommen wäre. Während also die äusseren Umstände an sich genommen sich in ihren Wirkungen unregelmässig theils zu schwächen, theils zu verstärken scheinen, sodass ihre Summe weder einen negativen noch einen positiven, sondern den Werth Null ergiebt, ist es vielmehr der Intellect, der die Glieder dieser Summe einzeln sich dienstbar macht, der gewissermaassen jedem erst das zweckmässige Vorzeichen giebt, und dadurch dann allerdings ein merklich positives Ergebniss erzielt.

Zur Erschliessung des neuen Erscheinungsgebietes waren hauptsächlich zwei Bedingungen zu erfüllen: einmal die Herstellung von Schwingungen, die so schnell erfolgen, dass ihre Wellenlänge in der Luft bequem messbar wird — denn die

bis dahin als die schnellsten bekannten waren die von FEDDERSEN beobachteten, welche immer noch eine Wellenlänge in der Luft von der Grössenordnung eines Kilometers ergeben — und zweitens die Erfindung eines Instrumentes, das zur Analyse dieser Vorgänge dienen kann. Beide Aufgaben löste HERTZ in seiner Abhandlung über sehr schnelle electrische Schwingungen, die erste durch die Entdeckung, dass ein zwischen Kugeln überschlagender Entladungsfunke unter Umständen die sehr schnellen Eigenschwingungen des aus den Kugeln und etwaigen Nebenleitungen bestehenden Leitersystems anzuregen vermag — hierin war ihm, ohne dass er es damals wusste, 17 Jahre früher WILHELM v. BEZOLD ein Stück vorausgegangen — die zweite durch die Entdeckung, dass das Princip der Resonanz auch für diese electrischen Schwingungen verwendbar ist. Sein auf Resonanz abgestimmter secundärer Leiter wurde ihm somit das Instrument, mit dem er das Feld in der Umgebung des primären schwingenden Systems analysirte, und mit der Feststellung der Eigenschaften dieses Feldes war der Weg für alles Folgende im wesentlichen geebnet. Anfangs suchte er sich über die Complicirtheit dieser Eigenschaften dadurch Klarheit zu verschaffen, dass er eine besondere electrodynamische und eine besondere electrostatische Kraft annahm, die sich mit verschiedenen Geschwindigkeiten fortpflanzen, später erkannte er, dass diese Trennung unnöthig und im allgemeinen sogar unmöglich ist, und dass man mit MAXWELL eine vollständige Erklärung aller beobachteten Vorgänge erhält, wenn man nicht mehr von electrostatischer und electrodynamischer, sondern einfach nur von electrischer Kraft spricht. Eine auffallende Nebenerscheinung, nämlich der Einfluss, den der primäre Funke auf das Zustandekommen des secundären hat, führte ihn für kurze Zeit auf einen Seitenweg. Es galt, vor weiteren Schritten das Wesen dieser Erscheinung aufzuhellen. Diese Arbeit, in echt FARADAY'schem Geist geschrieben, kann, für sich allein betrachtet, als das Muster der experimentellen Behandlung einer neuen Entdeckung angesehen werden. Nachdem er gefunden, dass es lediglich die ultravioletten Strahlen des primären Funkens sind, welche auf die Stelle des secundären Funkens einwirken, überliess er die weitere Verfolgung

dieser Erscheinungen anderen Kräften und schritt wieder auf dem Hauptwege vorwärts.

Uns Allen ist ja noch in frischer Erinnerung, wie nun von Arbeit zu Arbeit in rascher Aufeinanderfolge die Thatsachen sich häuften, die Erkenntniss wuchs. Wir hörten, dass die electrischen Vorgänge in Isolatoren auch electrodynamisch wirksam sind, dass electrodynamische Wellen, die sich in der Luft fortpflanzen, mit solchen, die sich an einem Drahte fortpflanzen, an verschiedenen Stellen in verschiedener Weise interferiren, dass also auch den Luftwellen jedenfalls keine unendliche Wellenlänge, d. h. keine unendliche Fortpflanzungsgeschwindigkeit, zugeschrieben werden darf, wir vernahmen, dass man durch Reflexion electrischer Luftwellen an einer leitenden Wand stehende Wellen erhalten und so die Wellenlänge direct messen kann, dass endlich die electrischen Wellen sich ganz nach der Art der optischen Wellen fortpflanzen, den Gesetzen der Reflexion, der Polarisation, der Brechung folgen, dass es, kurz gesagt, gelungen sei, die Lichtwellen mit allen ihren physikalischen Attributen in millionenfacher Vergrösserung in der Natur darzustellen; und der Beweis dafür war geliefert worden durch winzige Fünkchen, die man zum Theil im Dunkeln mit der Lupe beobachten musste, um sie überhaupt wahrzunehmen! Welcher Naturforscher dächte nicht heute noch an das Gefühl bewundernden Staunens, das ihn bei der ersten Kunde von diesen Ereignissen überkommen, einmal über die unermessliche Erhabenheit der Natur, in deren Gesetzen es keinen Unterschied gibt zwischen Gross und Klein, dann aber auch über die gewaltige Abstractionsfähigkeit des Menschengeistes, wie sie nur die schärfste Logik im Bunde mit echt künstlerischer Phantasie erzeugen kann.

Die deutschen Naturforscher haben Hertz ihren Dank dargebracht auf der Versammlung zu Heidelberg im Herbst 1889, wo er einen gemeinverständlichen Vortrag über die Beziehungen zwischen Licht und Electricität hielt. Er verglich darin die Maxwell'sche Theorie mit einer Brücke, die in kühnem Bogen die weite Kluft zwischen dem Gebiet der optischen und der electromagnetischen Erscheinungen, der molecularen und der kosmischen Wellenlängen, überspannt. Durch die schnellen electrischen Schwingungen sei, so führte er damals aus, in-

mitten dieser Kluft ein neuer fester Grund gewonnen worden, auf welchem sich nun ein sicher fundirter Pfeiler zur weiteren Stütze der Brücke erhebe. Seit jener Zeit ist dieser Pfeiler in vielseitiger gediegener Arbeit erhöht und verbreitert worden, fester und stolzer als je steht heute die Brücke da, schon dient sie nicht mehr, wie früher, blos vereinzelten kühnen Speculanten zu gelegentlichen Ausflügen, nein, sie vermag schon die schweren Lastwagen der exacten Forschung zu tragen, welche ihre Schätze unaufhörlich aus dem einen Gebiet in das andere überführt und dadurch beide bereichert.

Aber nicht allein die Naturforscher, die ganze gebildete Welt diesseits und jenseits des Oceans wandte diesen Versuchen ihr Interesse zu. Hertz' Name war bald in Aller Munde, Reden wurden über ihn gehalten, Aufsätze über ihn geschrieben, gelehrte Gesellschaften ernannten ihn zum Mitglied oder verliehen ihm Auszeichnungen, Fürsten wandten ihm ihre Gunst zu, — er aber blieb derselbe, der er war, einfach, gewissenhaft, ein treuer Freund seinen Freunden, ein ergebener und dankbarer Schüler seinen früheren Lehrern; nicht aus kluger Berechnung, sondern aus einer Gesinnung, in welcher höchste Geistes- mit reinster Herzensbildung gepaart ist. Seine Bescheidenheit war der Ausdruck seines natürlichen Wesens, er betrachtete seine Leistungen einfach als die nothwendige Bethätigung eines inneren Triebes, und von etwas Selbstverständlichem pflegt man ja kein Aufhebens zu machen. Kein Wunder, dass einer solchen Gesinnung gegenüber Missgunst und Verkleinerungssucht stets fern geblieben ist. Wenn in seinem äusseren Wesen diese Jahre des Erfolges vielleicht eine Veränderung hervorgebracht haben, so war es die Abnahme einer gewissen Zurückhaltung, die ihm, einer innerlich aristokratischen Natur, im Umgang mit Menschen eigen war, und die nun, entsprechend der vollendeten Reife, einem mehr entgegenkommenden Wohlwollen Platz machte. Herzerhebend und wahrhaft rührend war seine bei alledem kindliche Verehrung für seinen Lehrer Helmholtz, die er bei jeder Gelegenheit immer wieder an den Tag legte, mit einer Genugthuung, die deutlich erkennen liess, dass er es selber als Wohlthat empfand, seine Begeisterung für die Würde und für die Wahrhaftigkeit seiner Wissenschaft

in eine persönliche Form kleiden zu können. Ihr hat er auch noch während seines letzten Berliner Aufenthalts, bei der HELMHOLTZ-Feier im November 1891, als er auf dem Festbankett im Kaiserhof im Namen der Schüler sprach, beredten Ausdruck gegeben. Jedoch in wissenschaftlichen Fragen kannte er keine Rücksicht auf Persönlichkeiten, da gab es für ihn nur Thatsachen und Gründe, mochten sie kommen woher sie wollten. Der gelehrtesten wie der naivsten Bemerkung gegenüber, sofern sie ernst gemeint war, hatte er immer dasselbe sachliche Wohlwollen. Nur gegen eine leider nicht seltene, wenn auch bequem und schnell arbeitende Forschungsmethode konnte er scharf und intolerant werden: die Unklarheit.

Im Jahre 1889 wurde HERTZ auf den Lehrstuhl von CLAUSIUS nach Bonn berufen. Seine neue Stellung legte ihm zunächst Pflichten der verschiedensten Art auf. Im Bonner physikalischen Institut war eine durchgreifende Reorganisation nothwendig, die Räume mussten erweitert, neue Apparate angeschafft, die Arbeiten der Praktikanten neu geregelt werden. Von welchen Erfolgen seine praktische Thätigkeit dortselbst begleitet war, das bezeugen eine Reihe werthvoller Arbeiten, die in jener Zeit unter seiner Leitung aus dem Institut hervorgingen. Doch auch er selber fand inmitten seiner Lehrthätigkeit immer noch Zeit, sich der wissenschaftlichen Forschung zu widmen. Nachdem er schon früher durch besondere Versuche den directen Nachweis geführt hatte, dass seine electrischen Wellen, falls sie durch Drähte fortgeleitet werden, sich durchaus nicht innerhalb des Metalls, sondern ausschliesslich in der die Drähte umgebenden Luft fortpflanzen, konnte er später ausser den electromotorischen auch die mechanischen Wirkungen dieser Wellen zum Augenschein bringen. Eine weitere Untersuchung widmete er neuerdings den Kathodenstrahlen, für welche sich merkwürdigerweise dünne Metallschichten noch als durchlässig erwiesen, wenn sie Lichtstrahlen schon vollständig absorbirten, während andererseits durchsichtige Substanzen für die Kathodenstrahlen ganz undurchdringlich waren. Hauptsächlich aber beschäftigte er sich nun mit dem theoretischen Ausbau der MAXWELL'schen Theorie, wobei ihm ein Colleg, das er gleichzeitig über dasselbe Thema las, willkommene An-

regung gewährte. Sein Bestreben ging dahin, im Gegensatz zu Maxwell's eigener Darstellung, von vornherein alle diejenigen Begriffe aus der Theorie zu entfernen, die für die erschöpfende Beschreibung der physikalischen Vorgänge nicht nothwendig sind, sondern nur zur Erleichterung der Vorstellung oder der Rechnung gedient haben. So behielt er im ganzen nur zwei Variable übrig: die electrische Kraft und die magnetische Kraft, welche in jedem Augenblick den electromagnetischen Zustand eines Raumelementes vollkommen bestimmen und deren Veränderungen durch gewisse Differentialgleichungen aneinandergeknüpft sind, in welchen ausser einigen Constanten sonst nur die Differentiale von Ort und Zeit vorkommen. Für die wichtigsten Erscheinungen in ruhenden Körpern ergiebt sich auf diese Weise ein einfaches System von Gleichungen, für bewegte Körper dagegen erhebt sich noch die Frage, ob der Geschwindigkeitszustand der Materie an jedem Ort durch die Geschwindigkeitscomponenten der ponderablen Materie vollständig bestimmt ist, oder ob man dem Lichtäther von vornherein noch eine besondere Geschwindigkeit zuschreiben muss. Manche Thatsachen scheinen ja auf ein solches selbständiges Verhalten des Aethers hinzudeuten, indessen sind dieselben bisher noch viel zu wenig erforscht, um einen sicheren Anhaltspunkt für eine solche Annahme zu gewähren, und Hertz hat sich demgemäss auch entschlossen, davon ganz abzusehen und die Bewegung des Aethers als durch die der ponderablen Materie mitbestimmt anzunehmen. Dann fällt seine Geschwindigkeit aus der Theorie ganz fort, und man braucht überhaupt nicht von Aether zu reden. So bieten diese Gleichungen, wenn auch vielleicht keine vollständige, so doch eine innerlich zusammenhängende Darstellung der electromagnetischen und optischen Erscheinungen, und mancher Theoretiker wird noch lohnende Arbeit darin finden können, die Fülle der in ihnen enthaltenen Sätze in einzelnen Gebieten weiter zu verfolgen. Nur für die Klasse der electrochemischen Erscheinungen scheint die Maxwell'sche Theorie den anderen Electricitätstheorien nicht in entsprechender Weise überlegen zu sein. Hertz hat daher dies Gebiet nur kurz berührt; er war, wie er mir einmal schrieb, hierin noch nicht zu einer befriedigenden Anschauung gekommen. Es bestätigt sich auch hier wieder die



schon öfters gemachte Erfahrung, dass die vollständig erschöpfende Darstellung einer Erscheinung nur dann möglich ist, wenn dieselbe sich in Dimensionen abspielt, für welche die Körper noch als stetig angenommen werden können, während bei Vorgängen in der Molecularwelt immer noch ungelöste Fragen zurückbleiben.

Diese Forschungen und das Bedürfniss, einen noch höheren Standpunkt für seine Naturauffassung zu gewinnen, trieben seinen rastlosen Geist weiter zur Beschäftigung mit den allgemeinen Principien der Mechanik. In diesem Werke, welches er noch am Ende des vergangenen Jahres, mit dem Aufgebot seiner letzten Körperkräfte, vollendet hat, wird er bald noch einmal zu den Fachgenossen reden. Aber auch hierbei blieb er nicht stehen. Er plante wieder neue Experimente, diesmal mit Strömen von ausserordentlich hoher Spannung, sodass die Seinen schon etwas besorgt waren wegen der damit verbundenen Gefahr.

Es sollte anders kommen. Zum ersten Mal im Sommer 1892 zeigten sich bei ihm, der sich bis dahin einer guten Gesundheit zu erfreuen hatte, eigenthümliche Krankheitserscheinungen, bestehend aus Anschwellungen der Nase und Schmerzen im Ohr, vielleicht im Zusammenhange mit einem kariös gewordenen Zahn. Während das Leiden zunächst als ein harmloses behandelt wurde, wollte es sich doch nicht definitiv bessern, sondern die Beschwerden steigerten sich mit der Zeit, sodass schliesslich eine Operation hinter dem Ohre nöthig wurde, welche zur Beseitigung einer im Felsenbein entstandenen Eiteransammlung führte. Damit hoffte man das Uebel entfernt zu haben, allein das Gift blieb im Körper zurück, es bildeten sich wieder neue Eiterherde; auch spätere Operationen am Oberkiefer verschafften zwar jedesmal vorübergehende Erleichterung, konnten aber den Krankheitsprocess nicht zum Stillstand bringen. Ein Aufenthalt an der Riviera im Frühjahr, ein anderer in Reichenhall im Herbst vorigen Jahres, stärkten ihm immer wieder Körperkraft und Lebensmuth. Ueberall nahmen die Freunde und Fachgenossen herzlichen Antheil an seinem Ergehen, und freudig wurde allemal eine bessere Nachricht begrüsst. Doch beim Beginn des Winters begannen wieder beunruhigendere Gerüchte zu

cursiren; nur ungern und im Flüsterton wurde im Kreise seiner Freunde davon gesprochen; man wollte, man konnte nicht an die Möglichkeit des Allerärgsten glauben. Und doch haben dieselben Naturgewalten, die sich ihm einst offenbaren mussten, weil er ihre unabänderlichen Gesetze durchschaut hatte, nun nach ebenso unerbittlichen Gesetzen das Leben von ihm gefordert und mit ihm alle in seinem Hirn noch schlummernden Kräfte ohne Erbarmen zerstört. Am 7. December war er genöthigt, die bis dahin mit dem grössten Energieaufwand fortgesetzten Vorlesungen zu unterbrechen, die letzten Wochen brachte er unter steigenden, zuletzt unsäglichen Schmerzen und immer bei klarem Bewusstsein hin, bis ihn endlich der erste Tag des neuen Jahres von seinen Leiden erlöste. Eine Obduction ward nicht vorgenommen, die Aerzte haben Blutvergiftung als Todesursache bezeichnet.

Sein Lebenswerk liegt nun abgeschlossen; keinen einzigen Satz wird er ihm selber mehr hinzufügen. Fortan wird die Wissenschaft ohne ihn fortschreiten; was ihm vielleicht noch zu finden vergönnt gewesen wäre, das werden — daran ist kein Zweifel — früher oder später andere finden. Aber keiner, der je auf seinen Gebieten arbeitet, wird sich seinem Einflusse entziehen können, tausendfältig, wie die Früchte seines Wirkens, sind die Keime, die er in seinen Schriften niedergelegt hat und die sich auf dem rechten Boden zu neuen Trieben entwickeln können. Ausgesprochen oder unausgesprochen wird der Name Hertz als der ersten einer gegenwärtig sein, solange überhaupt electrische Schwingungen von Menschen wahrgenommen werden. Wir aber, die physikalische Gesellschaft, wir werden uns an dem Glanze dieses Namens freuen, ja wir werden selber eigenen Antheil daran haben; denn er war unser.

Sitzung vom 2. März 1894.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **A. Koepsel** hielt folgenden Vortrag

über einen Apparat zur Bestimmung der magnetischen Eigenschaften des Eisens in absolutem Maasse mit directer Ablesung.

Bereits vor drei Jahren hatte ich die Ehre, der Physikalischen Gesellschaft einen Apparat vorzuführen, welcher dem Zweck dienen sollte, die in der Technik verwendeten Eisensorten auf ihre magnetischen Eigenschaften hin zu prüfen (Verh. der Phys. Ges. Jahrg. IX Nr. 16).

In der Zwischenzeit ist auf diesem Gebiet viel gearbeitet und geleistet worden, und da es Aufgabe der Technik ist, die Errungenschaften auf wissenschaftlichem Gebiete für sich nutzbar zu machen, so habe ich es unternommen, den damals vorgeführten Apparat, weil derselbe nicht mehr auf der Höhe der Zeit stand, umzuconstruiren an der Hand der neuesten Forschungen, welche ich theilweise benutzte, theilweise durch eigene Versuche bestätigt fand und, wo es mir nöthig schien, ergänzte. Ich steckte mir das Ziel, den Apparat der Firma Siemens & Halske, welcher bis jetzt nur zu vergleichenden Messungen brauchbar war, auch für absolute Bestimmungen nutzbar zu machen, und zwar so, dass dieselben auch von einem ungeübten Beobachter ausgeführt werden können.

Das Princip des Apparates ist im wesentlichen dasselbe geblieben, nur die Methode ist geändert, und ich habe die jetzt fast allgemein übliche Jochmethode als am meisten Aussicht auf Erfolg versprechend und am bequemsten zu handhaben, adoptirt.

Da aber ein geschlossenes Joch nur die ballistische Messung erlaubt, so musste von vornherein auf ein solches verzichtet werden, und es entstand die Frage, ob man auch mit einem durchschnittenen magnetischen Kreise Resultate erhalten könne, welche wenigstens einen Rückschluss auf die mit einem vollständig geschlossenen magnetischen System erhaltenen gestatteten, sodass letztere auf leichte Weise aus ersteren abgeleitet werden konnten. Es wurde daher zunächst

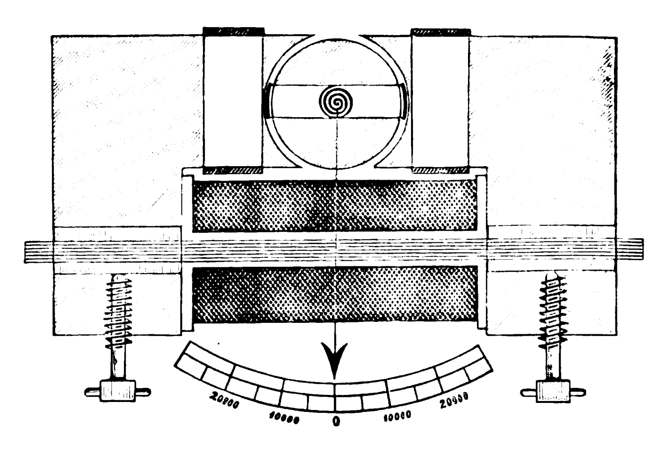
untersucht, wo in dem magnetischen System am zweckmässigsten der Schnitt gemacht werden könne, um die Magnetisirungscurve möglichst unverfälscht zu erhalten.

Ein Schnitt durch die zu untersuchende Probe selbst, welche meist kleinen Querschnitt besitzt, erwies sich als unzweckmässig, da selbst beim festen Zusammenpressen der auseinandergeschnittenen Stücke schon eine bedeutende Veränderung der Magnetisirungscurve sich zeigte. Ein durch das Joch selbst geführter Schnitt ergab indessen eine viel geringere Veränderung. Da nun das Joch einen ca. 100mal grösseren Querschnitt besass als die Probe, so war der magnetische Widerstand dieses Joches auch 100mal kleiner als der der Probe. Es kam also darauf an, den magnetischen Widerstand des Schnittes möglichst klein zu machen. Um dies zu erreichen, gestaltete ich das Joch zu einem Rotationskörper um, den man sich dadurch entstanden denken kann, dass sich das Joch um die Probe als Axe dreht. Magnetisirungspule und Probe kommen dann ganz innerhalb des Joches zu liegen. Die Schnittflächen dieses Joches konnten bis auf 5 mm voneinander entfernt werden, ohne dass die Form der Magnetisirungscurve wesentlich geändert wurde, wenigstens liess sich aus dieser die ideale Curve durch das einfache Scherungsverfahren leicht herstellen.

Ein Luftzwischenraum von 5 mm genügte aber vollkommen, um in denselben eine flach gewickelte, stromführende Spule einzuführen, welche, mit Torsionsfeder ausgestattet, den magnetischen Zustand des Joches und damit den der Probe genau in derselben Weise zu ermitteln gestattete, wie dies in dem ursprünglichen Apparat geschah, nur mit dem Unterschied, dass die so erhaltenen Werthe mit grosser Annäherung die wirklichen absoluten Werthe darstellen. Da aber die erwähnte flache Drahtspule wegen ihrer kleinen Windungsfläche ein zu geringes Drehungsmoment besass, so wurden, um diese Windungsfläche zu vergrössern, ohne den Luftzwischenraum grösser zu machen, zwei Schnitte durch das Joch geführt und die Spule so angeordnet, dass die Windungsfläche der Spule durch das herausgeschnittene Stück ausgefüllt wurde. Zu diesem Zweck griff ich wieder auf das ursprüngliche einfache Joch zurück; um aber hier den magnetischen Widerstand noch

zu reduciren, wurden die Schnitte so geführt, dass die Schnittflächen nicht Ebenen, sondern Cylinderflächen waren. Damit war aber die Torsionsfeder entbehrlich geworden, da jetzt die Form der Spule ebenfalls cylindrisch gemacht werden konnte, und der Apparat wurde so zu directen Ablesungen geeignet. Der Apparat, welchen untenstehende Skizze veranschaulicht, wurde im Betriebe vorgeführt.

Sollte nun der Apparat für jedes beliebige Eisen die durch den Probestab gehenden Kraftlinien in absolutem Maass direct anzeigen, so musste die Wirkung der Magnetisirungsspule auf das Joch allein ohne Probe aufgehoben werden. Dies bewerkstelligte ich dadurch, dass das Joch selbst eine Anzahl Windungen erhielt, welche denen der Magnetisirungs-



spule entgegenwirkten und mit ihr in Hintereinanderschaltung verbunden waren.

Zur Aichung des Apparates wurden nun in der Mitte der Probe und in der Mitte des Joches ballistische Messungen vorgenommen, welche ergaben, dass sowohl für Schmiedeeisen wie für Gusseisen die in der Mitte des Stabes erhaltene Curve aus der in der Mitte des Joches erhaltenen durch einfache Multiplication der Ordinaten mit einem constanten Factor, dem Streuungscoefficienten, mit sehr grosser Annäherung abgeleitet werden konnte. Es war daher eine Aichung des Apparates möglich, welche auch für die verschiedensten Eisensorten richtig blieb.

Aus den zahlreichen mit dem Apparat erhaltenen vorgezeigten Curven ging hervor, dass der Apparat mit für die meisten Zwecke der Technik genügender Annäherung die absoluten Werthe der Magnetisirung angiebt. Wird eine noch grössere Annäherung gewünscht, so können die Angaben des Apparates durch das einfache Scherungsverfahren richtiggestellt werden.

Auch die Querschnitte sind bei dem Apparat nicht vorgeschrieben, da durch geeignete Wahl der Stromstärke in der beweglichen Spule erreicht wird, dass die Angaben stets richtig bleiben; nur die Kenntniss des Querschnittes ist erforderlich.

Die Galvanometerconstante wurde bei den ballistischen Messungen mit einem Normalcondensator controlirt nach folgender Ueberlegung.

Entladet man einen Condensator von der Capacität C, welcher durch die Potentialdifferenz V geladen wurde, durch ein Galvanometer, so ist der Ausschlag

$$\alpha = C\,V\,\text{const.}$$

Verbindet man die Klemmen desselben Galvanometers mit den Enden einer Drahtschleife von 1 cm^2 Windungsfläche und schickt durch die Drahtschleife B Kraftlinien, so erhält man einen Ausschlag

$$\alpha_1 = \frac{B}{W}\,\text{const.},$$

wo W den Widerstand des Stromkreises bezeichnet; da der zeitliche Verlauf des Inductionsstromes derselbe ist wie der des Ladungsstromes, so sind die Constanten in beiden Fällen gleich und man erhält durch Division der obigen Gleichungen

$$B = C\,V\,W\,\frac{\alpha_1}{\alpha}.$$

Wird C in Mikrofarad, V in Volt, W in Ohm ausgedrückt, so ist in C. G. S.

$$B = 10^2\,C\,V\,W\,\frac{\alpha_1}{\alpha}.$$

Auf die Dämpfung braucht man hierbei keine Rücksicht zu nehmen, so lange die Ausschläge der angewendeten electromotorischen Kraft des Condensators proportional sind; wohl aber bedingt die Selbstinduction eine Correction, und man

thut daher gut, ein Galvanometer mit wenigen Windungen oder grossem inductionslosen Vorschaltwiderstand zu wählen.

Die für die Durchführung dieses Apparates nothwendigen umfangreichen Beobachtungen wurden von Hrn. Dr. v. Bjerkén mit Interesse und Ausdauer und, wenn man die mannigfachen Störungen eines Fabriklaboratoriums in Betracht zieht, grosser Präcision ausgeführt, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen Dank auszusprechen nicht versäumen will.

Hr. **H. E. J. G. du Bois** sprach dann

über einen Ringelectromagneten zur Erzeugung intensiver Felder.

Eine ausführliche Darstellung erfolgt in Wiedemann's Annalen.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 13. Nr. 2.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 16. März 1894.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Herr **R. Börnstein** sprach über

Elektrische Beobachtungen bei zwei Ballonfahrten.[1])

Die bisher ausgeführten Untersuchungen über atmospärische Elektricität, namentlich die in neuerer Zeit von den Hrn. Exner, L. Weber, Elster und Geitel angestellten Beobachtungen, erscheinen völlig vereinbar mit der schon von Peltier ausgesprochenen Meinung, dass die Erde eine negative elektrische Ladung habe und also von einem elektrostatischen Feld umgeben sei. Die Niveauflächen sind demgemäss dem Boden parallel zu denken und in solcher Anordnung, dass von unten nach oben die negative Spannung abnimmt oder die positive wächst. Diese Thatsache des „positiven Potentialgefälles" ist oftmals beobachtet worden, ebenso auch der Umstand, dass das Gefälle auf Bergen und Häusern bedeutend grösser erscheint, als in der Ebene, weil solche Erhebungen mit der Spannung des umliegenden Bodens geladen sind und die Niveauflächen nach aufwärts zusammendrängen.

Zugleich aber haben zahlreiche Erfahrungen gelehrt, dass die Annahme des elektrostatischen Feldes allein nicht zur Begründung der vorhandenen elektrischen Erscheinungen genügt. Insbesondere seien zwei Umstände erwähnt, welche eine Erweiterung jener Annahme erfordern und das Vorhandensein elektrischer Massen in der Atmosphäre wahrscheinlich machen, nämlich die Abhängigkeit des Potentialgefälles vom dampfförmigen Wassergehalt der Luft und seine gleichfalls erwiesene Abhängigkeit von dem in den Wolken vorhandenen flüssigen

1) Auszugsweise durch Hrn. W. v. Bezold der Akademie zu Berlin mitgetheilt am 22. Februar 1894.

*

und festen atmosphärischen Wasser. Dass das Potentialgefälle im umgekehrten Sinne wie der Dampfdruck sich zu ändern pflegt, ist sowohl von ELSTER und GEITEL wie auch von EXNER beobachtet worden, insbesondere hat Hr. EXNER durch eine empirische Formel die Beziehungen beider Grössen auszudrücken versucht. Und die beim Heraufziehen einer Wolke stattfindende Abnahme des normalen positiven Potentialgefälles, welches oft genug dabei sogar in negative Werthe übergeht, ist vielfach und auch von mir selbst beobachtet worden.

Da also die blosse unveränderliche Ladung des Erdballs mit negativer Elektricität nicht genügt, um die Beobachtungsthatsachen zu erklären, so liegt die weitere Annahme nahe, dass in der Atmosphäre elektrische Massen vorhanden seien. Es gilt alsdann die POISSON'sche Gleichung:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -4\pi\varrho,$$

worin V das Potential und ϱ die Dichte der Elektricität in einem Punkte mit den Coordinaten x, y, z bedeutet. Wenn die Elektricität in concentrischen und der Erdoberfläche parallelen Schichten angeordnet, und also V nur mit der Höhe h veränderlich gedacht wird, so kann man statt der vorigen Gleichung schreiben:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial h^2} = -4\pi\varrho,$$

woraus sich durch Integration ergiebt:

$$\frac{\partial V}{\partial h} = -4\pi\int\varrho\, dh + B.$$

Die linke Seite dieser Gleichung enthält das direct messbare Potentialgefälle. Erstreckt man die Integration auf das Höhenintervall von 0 bis h, so ist der Werth des Integrals für $h = 0$ gleichfalls Null, und also ist die Integrationsconstante B gleich dem am Boden ($h = 0$) beobachteten Potentialgefälle. Das Integral selbst stellt die vom Boden bis zur Höhe h über der Flächeneinheit vorhandene Elektricitätsmenge dar, und sein absoluter Werth wächst mit h. Da auf der rechten Seite der Gleichung nur der Integralwerth mit h

veränderlich ist, so wird sein Vorzeichen maassgebend sein für den Sinn der Aenderung des Potentialgefälles mit wachsender Höhe. Dem Vorhandensein positiver Elektricität in der Atmosphäre müsste Abnahme, dem Vorhandensein negativer Elektricität dagegen Wachsen des Potentialgefälles mit zunehmender Höhe entsprechen.

Den letztern Fall nimmt Hr. Exner[1]) an und legt seinen Betrachtungen die Hypothese zu Grunde, dass der vom Boden aufsteigende Wasserdampf mit negativer Elektricität geladen sei. Für die Beziehung zwischen Potentialgefälle und Dunstdruck benutzt Hr. Exner seine eigenen Beobachtungen, für die verticale Vertheilung des Dunstdruckes diejenigen Zahlen, welche Hr. Hann[2]) aus Messungen in Gebirgen und bei Luftfahrten berechnet hat. Beide empirischen Gleichungen werden extrapolirt bis zu dem Dunstdruck Null, so dass für absolut trockene Luft das Potentialgefälle $A = 1300$ Voltmeter sich ergiebt, während aus der Hann'schen Gleichung, welche die mittlere Vertheilung des Dunstdruckes bis etwa 7000 m Höhe darstellt, diejenige Höhe M (gegen 8000 m) berechnet wird, in welcher der Dunstdruck auf Null herabsinkt. Sodann wird berücksichtigt, dass A zugleich auch das Potentialgefälle in der Höhe M sein müsse, weil dasselbe bei Abwesenheit elektrischen Wasserdampfes von der Höhe merklich unabhängig ist, und indem die elektrische Dichte ϱ dem Dunstdruck p proportional gesetzt, die Höhe M in den Ausdruck für das Potentialgefälle eingeführt, und dies dann gleich $A = 1300$ Voltmeter gesetzt wird, ergiebt sich schliesslich eine Gleichung, welche das Potentialgefälle als Function der Höhe darstellt, und zwar nach oben zunehmend.

Diese Erwägungen und besonders die erwähnten Extrapolationen scheinen mir nicht unanfechtbar zu sein. Dabei steht und fällt die Exner'sche Hypothese, laut welcher der Wasserdampf negativ elektrisch sein soll, mit dem Nachweis der nach oben stattfindenden Zunahme des Potentialgefälles. Eine solche Zunahme folgert Hr. Exner aus Beobachtungen,

---

1) Exner, Wiener Ber. **96** (2), p. 419. 1887; Exner, Repert. 24, p. 225. 274. 1888.

2) Hann, Oesterr. met. Ztschr. **11.** p. 193. 1874.

welche am 6. Juni 1885 bei sehr ruhigem, klarem Wetter Hr. Lecher in der Gondel des Luftballon „Vindobona" anstellte. Es waren zwei Wassercollectoren 10 m tief unter dem Ballon und mit 2 m Höhendifferenz angebracht und durch Drähte mit einem in der Gondel isolirt befestigten Elektroskop verbunden. Innerhalb 10 Minuten wurde in 440, 550 und 660 m Höhe die Grösse des verticalen Potentialgefälles gemessen und von allen drei Stellen gleich 193 Voltmeter gefunden, während für dieselbe Grösse am Boden gleichzeitig 92,2 Voltmeter gemessen wurde. In gleichem Sinne fand Hr. Tuma [1]) auf einer am 15. September 1892 bei völlig heiterem Wetter unternommenen freien Luftfahrt das mittelst zweier Wassercollectoren in 15 und 17 m Abstand unter der Gondel gemessene Potentialgefälle zu + 40 Voltmeter in 410 m Höhe und ununterbrochen wachsend bis zu + 70 Voltmeter in der erreichten Maximalhöhe von 1900 m.

Da es wünschenswerth schien, diese Erfahrungen durch neue Beobachtungen zu vervollständigen, schlug ich vor, luftelektrische Messungen in das Programm der wissenschaftlichen Fahrten aufzunehmen, welche mit Hülfe der an Allerhöchster Stelle bewilligten Geldmittel der „Deutsche Verein zur Förderung der Luftschiffahrt" ins Werk setzte, und es wurde mir das Glück zu Theil, während zweier Luftfahrten des Ballon „Phönix" Messungen des atmospärischen Potentialgefälles vornehmen zu können.

Bei der Vorbereitung dieser Fahrten handelte es sich zunächst darum, eine den besonderen Verhältnissen angepasste Beobachtungsmethode zu finden. Flammencollectoren mussten in Rücksicht auf die Leuchtgasfüllung des Ballons natürlich ausgeschlossen bleiben. Auch gegen die Anwendung von Wassercollectoren sprach die Befürchtung, dass in beträchtlichen Höhen das Wasser gefrieren würde. Demnach gedachte ich Aluminiumstäbe statt der Collectoren zu benutzen, nachdem Hr. Elster mich auf die Eigenschaft des Aluminium, negative elektrische Ladung im diffusen Lichte zu verlieren, aufmerksam gemacht hatte. Einige Vorversuche zeigten in der That, dass ein frisch abgeschmirgelter Aluminiumstab

1) Tuma, Wiener Ber. **101** (2a), p. 1556. 1892.



als Ersatz des Flammencollectors recht wohl gebraucht werden kann, um die Spannungsdifferenz niedrig gelegener Punkte gegen den Boden zu bestimmen. Leider unterliess ich dabei, festzustellen, wie lange Zeit die Wirkung des Abschmirgelns vorhält, und musste deshalb erst während der ersten Luftfahrt erkennen, dass diese Methode für Ballonversuche nicht geeignet ist. Ich hatte nämlich in 10 und 11 m Abstand unter der Gondel je einen horizontalen Aluminiumstab von etwa 1 m Länge und 7 mm Dicke an isolirender Seide hängend angebracht und von beiden Stäben Drähte nach dem Knopf resp. dem Gehäuse eines am Rande des Ballonkorbes isolirt aufgestellten Exner'schen Elektroskops geführt. Gleich nach der Abfahrt wurde diese ganze Vorrichtung montirt, was mit einiger Mühe und Unbequemlichkeit verbunden war, durch die freundliche Hülfe meiner Reisegefährten aber bald gelang; und nun zeigte sich schon in der ersten Stunde eine derartige Abnahme in der Wirkung dieser Collectoren, dass sie trotz anfänglich guten Functionirens doch als unbrauchbar bezeichnet werden müssen für alle diejenigen Beobachtungen, welche ein Abschmirgeln des Metalles vor jeder einzelnen Messung nicht gestatten.

Indessen war jene Fahrt darum nicht ergebnisslos, denn unabhängig von den erwähnten Apparaten hatte ich Wassercollectoren mitgenommen, welche gleichzeitig mit den Aluminiumstäben in Thätigkeit gesetzt waren und gute Resultate lieferten. Ein zweites Exner'sches Elektroskop war auf einem den Mascart-schen Isolatoren ähnlichen Glasgestell isolirt befestigt, und von seinem Knopf und Gehäuse führten Drähte zu zwei Glastrichtern, die, isolirt an Seide hängend, ausserhalb des Korbes angebracht waren. Aus jedem der Trichter hing ein starker Bindfaden 10 resp. 11 m tief herab, der in der Trichteröffnung mittelst Kork so befestigt war, dass das im Trichter befindliche Wasser langsam an der Schnur hinablief und von deren Ende in die Luft strömte. Diese Vorrichtung bot den Vorzug, dass Eisbildung an den Schnüren das Herabfliessen des Wassers nicht hinderte. Auch erwies es sich bei meiner zweiten Fahrt als leicht und rasch ausführbar, die mit Eis bedeckten Schnüre heraufzuziehen und von der Eiskruste zu befreien, während bei Anwendung von Schläuchen etwas Aehnliches nicht mög-

lich gewesen wäre. Statt der Bindfäden, welche im Herabhängen eine drehende Bewegung annahmen, verwendete ich bei der zweiten Fahrt geklöppelte Schnüre von 10 und 12 m Länge, die über dem untern Ende mit Bleidraht umwickelt waren und glatt herabhingen. Zugleich waren die anfänglich benutzten Glastrichter ersetzt worden durch Blechgefässe mit stellbarem Hahn an der untern Oeffnung, aus welcher die Schnur herabhing. Dadurch war ein gleichmässigeres Abströmen des Wassers gesichert. Die Befürchtung, dass durch Berühren oder Reiben der Glastrichter elektrische Ladung erzeugt und die Messungen gestört werden könnten, erwies sich übrigens als unbegründet, denn bei einer im Laboratorium vorgenommenen Prüfung fand sich, dass zwar eine solche Ladung leicht hervorzurufen war, dass sie aber jedesmal sofort verschwand, wenn aus dem Trichter Wasser herablief. Dabei wurde der abströmende und in Tropfen aufgelöste Wasserstrahl in einem isolirten Gefässe aufgefangen, um eine etwaige Entladung nach dem Boden auszuschliessen. Aus diesem Versuche kann ausserdem auch entnommen werden, dass die Anwendung von Kautschukschläuchen Bedenken in Betreff der elektrischen Vorgänge nicht unterliegt. Ersetzt man das Wasser durch eine Flüssigkeit von ausreichend niedriger Erstarrungstemperatur, so ist auch ein Verstopfen der Schläuche durch Zufrieren nicht zu befürchten, und es bleibt also dann nur noch die eine Unsicherheit bei Benutzung von Schläuchen bestehen, welche auf der Dehnbarkeit des Kautschuks beruht und die Länge der Schläuche, also die Höhendifferenz der Collectoren, veränderlich erscheinen lässt.

Zum isolirten Aufhängen der Gefässe dienten Stränge aus Chappeseide, einer Substanz, die beim Aufbewahren in geschlossenem Behältniss (Schrank, Schublade) nicht frei von Leitungsfähigkeit zu sein pflegt, die aber vollkommen isolirt, sobald sie kurze Zeit der Wirkung heller Sonnenstrahlung ausgesetzt war. Während der Luftfahrten konnte die gute Isolirung der Gefässe stets controlirt werden, indem man eines der Gefässe mit der Hand berührte und also mit dem Ballon in leitende Verbindung brachte. Entstand dann ein kräftiger Ausschlag im Elektroskop, so war erwiesen, dass beide Gefässe sowohl von einander wie auch vom Ballon isolirt waren. Eine solche

regelmässige Controle der Isolirung kam durch das in kurzen Zwischenräumen erforderliche Nachgiessen von Wasser in die Gefässe ohne weiteres zu Stande. Es wurde dabei jedesmal aus dem grössern, im Korbe mitgeführten Wasservorrath eine Blechkanne gefüllt, und diese in die aussen hängenden isolirten Gefässe entleert. Indem hierbei eines der letzteren durch den Wasserstrahl, die Blechkanne und den Körper des Beobachters mit dem Ballon leitend verbunden war, musste das Elektroskop den entsprechenden Ausschlag zeigen, welcher gleich darauf wieder verschwand in Folge des vom untern Schnurende abströmenden Wassers. Die Isolirung erwies sich ganz tadellos während der bei ununterbrochenem, prachtvollem Sonnenschein verlaufenen ersten Fahrt; die zweite liess unter Einfluss von Wolken eine etwa dreiviertelstündliche Unterbrechung der Beobachtungen wegen mangelnder Isolirung entstehen, wobei Auftreten und Verschwinden des Fehlers genau verfolgt werden konnten.

Die erste Fahrt, über welche ich zu berichten habe, fand am 18. August 1893 statt; als Führer des Ballons „Phönix“ fungirte Herr Premierlieutenant Gross, als meteorologischer Beobachter Herr Assistent Berson vom meteorologischen Institut. Wir stiegen in Charlottenburg bei Berlin um 9 Uhr 21 Minuten Morgens empor bei hellem Sonnenschein und so ruhiger Luft, dass man von Berlin aus noch gegen 1 Uhr Mittags unsern Ballon sehen konnte. Um 5 Uhr 10 Minuten erreichten wir die grösste Höhe von ca. 3790 m, wobei zugleich die niedrigste Temperatur mit $1{,}6^0$ beobachtet wurde, und landeten um $7\,{}^1/_4$ Uhr Abends auf dem Gute Creba, westlich von Görlitz. Die mit den geschilderten Wassercollectoren gemessenen Werthe[1]) des Potentialgefälles lagen zwischen + 88 und − 52 Voltmetern, sie zeigten erhebliche Schwankungen und mehrmals sogar negatives Vorzeichen, im Ganzen aber zweifellose Abnahme nach oben hin. In etwa 3000 m Höhe wurden die Ausschläge so gering, dass eine Messung nicht mehr möglich war. Da mir von ähnlichen Messungen nur die

1) Die wegen Raummangels hier weggelassenen Beobachtungsdaten werden demnächst in der „Zeitschrift für Luftschiffahrt und Physik der Atmosphäre“ mitgetheilt werden.

vorerwähnten Angaben von EXNER und TUMA bekannt waren, welche einen entgegengesetzten Verlauf erwarten liessen, so begann ich zu fürchten, dass irgend ein Fehler in den Apparaten das Verschwinden der Ausschläge herbeiführe. Indessen fanden die messbaren Angaben des Elektroskops sich sogleich wieder ein, als wir beim Herabsteigen die Höhe von 3000 m wiederum passirten, und es musste also zunächst für jenen Tag angenommen werden, dass wirklich das Potentialgefälle mit zunehmender Höhe geringer wurde.

Auffallend bleiben die starken Schwankungen des Potentialgefälles. Es liegt nahe, zu denken, dass ich bei dieser meiner ersten Luftfahrt vielleicht nicht die nöthige Ruhe und Sicherheit des Beobachtens gehabt habe, wie sie zu physikalischen Messungen gehören. Indessen wenn auch im Beginn der Fahrt das Gefühl, etwas sehr Merkwürdiges zu erleben, mich erfüllte, so glaube ich doch versichern zu dürfen, dass hierunter die Beobachtungen nicht gelitten haben. Die sanfte Bewegung des Ballons, die prachtvolle Aussicht auf die in hellem Sonnenschein erglänzende Landschaft, und vor Allem das ruhige und sichere Verhalten meiner Herren Fahrtgenossen, die schon zahlreiche Luftreisen mit einander erlebt hatten, alle diese Umstände wirkten dahin, die Stimmung in unserem Korbe zu einer überaus behaglichen zu machen. Ueberdies können jene Schwankungen der Beobachtungsdaten unbedenklich auf eine Thatsache zurückgeführt werden, die mir nachher bekannt wurde, darauf nämlich, dass an jenem 18. August, wie aus dem Wetterbericht der Seewarte hervorgeht, Nordlicht[1]) an der deutschen und dänischen Küste beobachtet worden ist. Aus den Wahrnehmungen der schwedischen Polarstation zu Cap Thordsen auf Spitzbergen[2]) ist zu entnehmen, dass bei Nordlicht ganz ähnliche Störungen des Potentialgefälles aufzutreten pflegen, wie bei schlechtem Wetter und Niederschlägen, und daraus erklärt sich zur Genüge, wenn bei unserer Fahrt trotz des klaren und ruhigen Wetters die Vertheilung der atmosphärischen Electricität nicht ganz normal erschien.

---

1) Ueber Nordlichtbeobachtungen in Lübeck vom gleichen Tage s. SCHAPER, Met. Zeitschr. **11.** p. 113. 1894.

2) HANN, Met. Zeitschr. **7.** p. 29. 1890.



Unsere zweite Fahrt wurde gleichfalls mit dem Ballon „Phönix“ und der nämlichen Bemannung am 29. September 1893 unternommen. Die Fahrt begann in Charlottenburg um 7 Uhr 54 Minuten früh bei theilweise bewölktem Himmel; wir erreichten um 2 Uhr 21 Minuten die niedrigste Temperatur mit $-6{,}3^0$ in 3875 m Höhe und um 2 Uhr 37 Minuten die grösste Höhe von 3943 m, worauf um 4 Uhr 11 Minuten die Landung nahe bei Bütow in Hinterpommern, im sogenannten „blauen Ländchen“, erfolgte. Das Potentialgefälle zeigte diesmal geringere Schwankungen (Maximalwerth + 100 Voltmeter) und kein negatives Vorzeichen. — Es nahm wiederum nach aufwärts ab und war von etwa 3300 m an nicht mehr messbar, wurde aber dann beim Herabsteigen wieder grösser. Die vorgekommenen Schwankungen sind bei der Bewölkung jenes Tages (an welchem übrigens Nordlicht nicht im Seewartenbericht gemeldet ist) begreiflich.

Die Beobachtungen dieser Fahrt benutzte ich zu einer genauern Berechnung in Betreff der Anwendbarkeit der Exner'schen Hypothese. Wenn nämlich der Wasserdampf als Träger der Elektricität wirkt, so kann man die elektrische Dichte ϱ an irgend einem Punkte der Atmosphäre proportional mit dem Dunstdruck p setzen, also annehmen, dass eine Gleichung:

$$\varrho = c p$$

besteht, in welcher die Constante c negativ oder positiv oder gleich Null ist, je nachdem der Wasserdampf mit negativer Elektricität (wie Herr Exner annimmt), oder mit positiver Elektricität geladen oder ganz unelektrisch ist. Ferner kann man den Dunstdruck p darstellen als Function der Höhe h durch eine Gleichung von der Form:

$$p = p_0 (1 - \alpha h + \beta h^2),$$

worin p_0 der Dunstdruck am Boden ist, α und β Constanten sind. Dann nimmt die oben betrachtete Gleichung für das Potentialgefälle folgende Gestalt an:

$$\frac{\partial V}{\partial h} = -4\pi \int \varrho\, dh + B = -4\pi c p_0 \int (1 - \alpha h + \beta h^2)\, dh + B$$

$$= -4\pi c p_0 h \left(1 - \frac{\alpha}{2} h + \frac{\beta}{3} h^2\right) + B.$$

Die mittlere verticale Vertheilung der absoluten Feuchtigkeit darf natürlich hierbei nicht zu Grunde gelegt werden, besonders auch deshalb nicht, weil der Dunstdruck an jenem Tage nur bis zu etwa 2500 m Höhe abnahm und von da ab nach oben wieder wuchs. Ich benutzte daher zur Berechnung von α und β die zahlreichen Beobachtungen, welche Hr. Berson mittelst eines Assmann'schen Aspirationshygrometers während unserer Fahrt ausgeführt hatte, und berechnete nach der Methode der kleinsten Quadrate, dass der Dunstdruck bis zu derjenigen Höhe, innerhalb welcher ich elektrische Messungen gewonnen hatte, nämlich bis zu 3330 m, dargestellt wird durch die Gleichung:

$$p = p_0 (1 - 0{,}000395\, h + 0{,}0000000439\, h^2),$$

wenn darin h in Metern ausgedrückt, und für p_0 der bei der Abfahrt in Charlottenburg gemessene Dunstdruck von 7,93 mm gesetzt wird. Für die Grössen $\partial V / \partial h$ und h hatte ich nun je 41 Werthe, welche in die obige Gleichung für $\partial V / \partial h$ eingesetzt werden konnten. Hiernach wurden mit Hülfe kleinster Quadrate die wahrscheinlichsten Werthe der Grössen c und B berechnet, und es fand sich:

$$c = + 0{,}0006895$$
$$B = + 110{,}27 \text{ Voltmeter.}$$

Diese Zahlen beziehen sich auf die Fahrt von 7 Uhr 54 Minuten bis 12 Uhr 36 Minuten und auf die Luftschicht vom Boden bis zu 3330 m Höhe. Eine Unsicherheit besteht in der Annahme des constanten Werthes für den am Boden herrschenden Dunstdruck p_0, der in $4\,^1/_2$ Stunden und in den während dieser Zeit überflogenen Gegenden wohl nicht ganz constant gewesen sein mag. Ferner ist das Potentialgefälle B am Boden als eine constante Grösse in die Rechnung eingeführt, während die von Herrn Professor Sprung mir freundlichst mitgetheilten Beobachtungen des Observatoriums zu Potsdam eine beständige Zunahme des Potentialgefälles in der angegebenen Zeit erkennen lassen. Aber es würde, wenn diese Zunahme von B allgemein stattgefunden hätte, offenbar daraus zu entnehmen sein, dass in Wirklichkeit das Gefälle nach oben hin noch rascher abgenommen habe, als die Beobachtungen erkennen lassen.

Eine entsprechende Berechnung für die erste Fahrt habe ich nicht unternommen mit Rücksicht auf die vermuthete Störung durch Nordlicht. In qualitativer Hinsicht stimmen aber die Beobachtungen beider Fahrten dahin überein, dass das Potentialgefälle nach oben hin geringer wurde. Und damit ist unvereinbar die Annahme einer in der Luft vorhandenen negativen elektrischen Ladung. Die von EXNER angeführten LECHER'schen Ballonbeobachtungen haben innerhalb der Atmosphäre keinen Unterschied, sondern nur in den geringen Höhen von 440 bis 660 m grösseres Potentialgefälle ergeben, als gleichzeitig am Boden gemessen wurde. Wie die Wahrnehmungen von TUMA, der bis zu 1900 m das Gefälle wachsen sah, zu deuten sind, vermag ich nicht zu sagen. Dass aber hier singuläre Verhältnisse obwalteten, scheint mir aus der völligen Uebereinstimmung meiner Messungen mit den Ergebnissen dreier anderer Luftfahrten hervorzugehen, die seither bekannt geworden sind. Am 1. und 9. August 1893, also unmittelbar vor unserer ersten Fahrt, stieg Hr. G. LE CADET von Paris aus empor und führte Messungen des Potentialgefälles aus, über welche Hr. CH. ANDRÉ[1]) berichtet. Es wurden Höhen von 1300 und 2520 m erreicht; von der Gondel hingen isolirt zwei verschieden lange Kautschukschläuche herab, aus welchen Wasser floss, und an diesen Collectoren wurde eine so deutliche Abnahme des Potentialgefälles (dessen Werth in 2520 m Höhe nur noch + 16 Voltmeter betrug) gefunden, dass Hr. ANDRÉ anzunehmen geneigt ist, es sei bei schönem Wetter das elektrische Feld in verticaler Richtung nahezu constant, d. h. das Potentialgefälle fast gleich Null.

Und am 17. Februar 1894 führte Hr. BASCHIN in ganz ähnlicher Art Messungen bei einer Fahrt unseres Ballon „Phönix" aus, wobei indessen, um ein Gefrieren der Flüssigkeit in den Schläuchen zu verhindern, statt des Wassers verdünnter Alkohol benutzt wurde. Die erreichte Höhe betrug etwa 4000 m. Der Erfolg war wiederum derselbe, nämlich Abnahme des Potentialgefälles mit wachsender Erhebung, so dass wieder von einer gewissen Höhe an die Messung nicht mehr möglich war.

Danach liegen nun die Ergebnisse von fünf verschiedenen

---

1) CH. ANDRÉ, C. R. **117**. p. 729. 1893.

Luftfahrten vor, bei welchen unabhängig von einander drei Beobachter fanden, dass mit wachsender Höhe das atmosphärische Potentialgefälle abnimmt. Wenn es hiernach als sehr wahrscheinlich gelten darf, dass diese Wahrnehmung wirklich der regelmässigen Vertheilung der Elektricität entspricht, so muss die Annahme, nach welcher mit dem Wasserdampf negative Elektricität in die Luft gelangt, aufgegeben werden. Vielmehr scheint aus den Beobachtungen hervorzugehen, dass in der Atmosphäre Elektricitätsmassen positiven Vorzeichens vorhanden sind.

Diese Erwägungen durch neue Erfahrungsthatsachen zu fördern, ist gewiss nicht minder wünschenswerth, wie die Ergründung des elektrischen Zustandes der Wolken, deren Verhalten eine negative Ladung anzudeuten scheint.

Hr. **v. Bezold** fügt diesen Auseinandersetzungen des Hrn. Börnstein noch einige Bemerkungen bei, und betont vor allem noch einmal, wie Beobachtungen auf Bergen, auf hohen Thürmen oder mit Drachen nicht geeignet sind, über den Sitz der luftelectrischen Erscheinungen Aufschluss zu geben.

Es muss vielmehr das in solchen Fällen unvermeidliche Zusammendrängen der Gleichgewichtsflächen ein scheinbares Steigen des Potentialgefälles mit der Höhe im Gefolge haben, von dem man keineswegs annehmen darf, dass es in gleicher Weise in der freien Atmosphäre vorhanden sei.

Man kann deshalb nur von den im Luftballon ausgeführten Untersuchungen die Entscheidung der Frage erwarten, wo man den Sitz der sogenannten Luftelectricität zu suchen habe.

Liegen jedoch solche Messungen vor, dann ergiebt sich auch die Antwort unzweideutig in der allereinfachsten Weise. Construirt man nämlich mit Hülfe der gewonnenen Zahlen für das Potentialgefälle eine Curve, welche die Abhängigkeit des Potentials selbst von der Höhe darstellt, so kann man die Antwort aus der blossen Gestalt dieser Curve sofort ablesen.

Natürlich nur unter der Voraussetzung, dass es statthaft sei, die Gleichgewichtsflächen sämmtlich als Parallelebenen zu der gleichfalls eben gedachten Erdoberfläche zu betrachten.

Diese Annahme wird aber im Flachlande und bei sogenannt normalem Wetter, d. h. bei Abwesenheit von Wolken, insbesondere von getrennten Wolkenmassen immer zulässig sein, da man das Potential an der Erdoberfläche im Vergleich zu den enormen Aenderungen desselben in verticaler Richtung als constant ansehen darf, besonders wenn das betrachtete Stück nicht allzugross ist und wenn man die Untersuchungen auf solche Höhen beschränkt, welche klein sind im Verhältniss zum Erdradius.

Macht man diese Voraussetzungen und nimmt man nun an, dass der Werth des Potentials in den verschiedenen Höhen bekannt sei, so braucht man denselben nur mit Hülfe rechtwinkliger Coordinaten durch eine Curve darzustellen, um durch den blossen Anblick der letzteren sofort über den Sitz der wirkenden electrischen Mengen Aufschluss zu gewinnen.

Man wird hierbei im Anschluss an die thatsächlichen Verhältnisse mit Vortheil die Höhen im verticalen Sinne, d. h. als Ordinaten, und die zugehörigen Werthe des Potentials als Abscissen auftragen, ein Verfahren, dessen Anwendung sich nach entsprechender Abänderung jederzeit empfiehlt, so oft man es mit der Versinnlichung des Zustandes in einer verticalen Säule zu thun hat, mag man hierbei Temperatur, Druck, Feuchtigkeit oder was immer für Grössen ins Auge fassen.

Hat man nun diese Curve, so giebt ihre Neigung gegen die Ordinatenaxe, gemessen durch die Tangente des Winkels, den die geometrische Tangente der Curve mit dieser Axe macht, unmittelbar den Werth $\partial V / \partial h$, d. i. das Potentialgefälle, die Aenderung dieses Werthes aber die in der betreffenden Höhe herrschende electrische Dichtigkeit, d. i. die in der Volumeneinheit enthaltene Electricitätsmenge, da, wie eben Hr. Börnstein hervorgehoben hat,

$$\frac{\partial^2 V}{\partial h^2} = -4 \pi \varrho \text{ ist.}$$

Für die unmittelbare Umgebung der Erdoberfläche hingegen gilt die Gleichung

$$\frac{\partial V}{\partial h} = -4\pi\varrho',$$

wenn man unter ϱ' die Flächendichtigkeit, d. h. die auf der Oberflächeneinheit befindliche Electricitätsmenge versteht, und die Erde selbst als Leiter betrachtet.

Der Werth von $\partial V/\partial h$ ist bekanntlich in der untersten Luftschicht im allgemeinen positiv, und besitzt demnach die Erdoberfläche unter sogenannt normalen Verhältnissen eine negative Ladung.

Wäre nur diese Ladung allein vorhanden, so wäre das Potential dieser Fläche negativ.

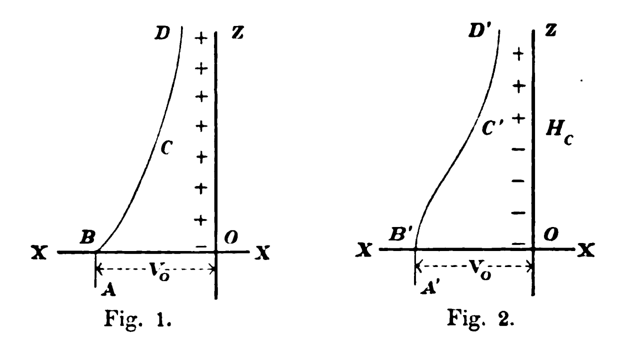


Fig. 1. Fig. 2.

Man legt ihm freilich gewöhnlich den Werth 0 bei, dies ist jedoch eine vollkommen willkürliche Annahme, und ist man ganz ausser Stand anzugeben, wie es sich damit in Wahrheit verhält, da man zur Bestimmung des wahren Werthes dieses Potentials über die electrischen Verhältnisse der Atmosphäre bis in die höchsten Schichten hinauf bez. bis in den Weltraum hinein unterrichtet sein müsste.

Jedenfalls scheint es am naturgemässesten, diesen Werth, den ich mit V_0 bezeichnen will, einstweilen negativ anzunehmen, und ist er deshalb auch in den nachstehenden Figuren vom Ursprung der Coordinaten nach links aufgetragen. Hinsichtlich der den Gang des Potentials versinnlichenden Curve *ABCD* (Fig. 1) steht demnach jedenfalls fest, dass sie unter normalen Verhältnissen unterhalb der Erdoberfläche der Ordinatenaxe parallel verläuft, beim Erreichen dieser Fläche aber, d. i. beim

Durchschneiden der Abscissenaxe in B nach plötzlicher Knickung in eine nach der Ordinatenaxe geneigte Linie übergeht.

Diese Neigung nimmt nach den Versuchen des Hrn. Börnstein rasch ab, und war demnach der weitere Verlauf dieser Curve an den betreffenden Tagen ein derartiger, dass er wenigstens dem Sinne nach durch das Stück BCD der Curve (Fig. 1) dargestellt wird.

Aus dem Sinne der Krümmung entnimmt man aber unmittelbar, dass $\partial^2 V / \partial h^2 < 0$ war, und dass dementsprechend an diesen Tagen in dem durchflogenen Theile der Atmosphäre freie positive Electricität vertheilt war.

Würde die Curve eine Gestalt besitzen wie sie $A'B'C'D'$ (Fig. 2) zeigt, so würde daraus folgen, dass sowohl an der Erdoberfläche selbst, als bis zu der Höhe $O H_c$ freie negative Electricität vorhanden sei, in noch höheren Schichten aber positive.

Einen Verlauf wie ihn das Stück $B'C'$ zeigt, glaubte man nach den Versuchen auf Bergspitzen bisher annehmen zu können, das Stück $C'D'$ wurde nur des Beispieles wegen beigefügt.

Dies schien genügend, um zu zeigen, wie eine derartige Darstellung über das Vorzeichen der in den verschiedenen Höhen vorhandenen Electricitätsmengen auf den ersten Blick Aufschluss giebt. Um dies recht anschaulich zu machen, wurden die Vorzeichen, wie sie den beiden in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellten Curven entsprechen, den betreffenden Stellen der Ordinatenaxe beigeschrieben.[1])

Freilich erhält man aus den Messungen im Luftballon nicht das Potential selbst, sondern nur das Potentialgefälle. Die eben angestellten Betrachtungen werden jedoch hierdurch nicht beeinträchtigt, da man ja zunächst dieses Gefälle als Ordinaten einer Curve auftragen und dann durch mechanische Quadratur bez. planimetrisch die Werthe des Potentials für verschiedene Höhen bestimmen, und in das oben beschriebene Diagramm eintragen kann. Bei rein qualitativen Betrachtungen, bei

1) Durch ein Versehen des Zeichners ist in Fig. 2 die Knickung der Curve bei B' nicht deutlich genug sichtbar geworden, sie besitzt denselben Sinn wie bei B in Fig. 1.

welchen es sich nur um Vorzeichen der Electricität, sowie um angenäherte Angaben über die Dichtigkeit handelt, werden übrigens die Werthe des Potentialgefälles allein schon hinreichen, um die Curve des Potentials soweit richtig zu zeichnen, dass sie genügt, um die zuletzt gestellten Fragen zu beantworten.

Hr. **Th. Gross** spricht darauf

Ueber die chemische Zerlegung des Schwefels durch Electrolyse.

Der Vortrag soll in nächster Zeit fortgesetzt werden und alsdann dessen Drucklegung erfolgen.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 13. Nr. 3.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 20. April 1894.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **A. König** sprach über

Eine bisher noch nicht beobachtete Form angeborener Farbenblindheit (Pseudo-Monochromasie).

Die bisher untersuchten Farbensysteme lassen sich in drei Hauptgruppen unterscheiden je nach der Anzahl der Grundempfindungen, auf welche sich die Gesammtheit ihrer Farbenempfindungen zurückführen lässt.

1. Trichromatische Systeme: ihnen gehört die grösste Anzahl der Menschen (96 Proc. der Männer, $99^2/_3$ Proc. der Frauen) an. Das Spectrum wird bei ihnen durch die bekannte Reihenfolge der sieben Newton'schen Farben gebildet. Charakteristisch für diese Systeme ist: erstens, dass die Empfindung Weiss durch kein monochromatisches Licht erzeugt werden kann, sondern nur durch Mischung verschiedener (mindestens zweier) monochromatischer Lichter, und zweitens, dass die Empfindlichkeit für Wellenlängenänderung im Spectrum zwei Maxima besitzt, von denen das eine im Gelb, das andere im Blaugrün liegt.

2) Dichromatische Systeme: ungefähr 4 Proc. der Männer, $^1/_3$ Proc. der Frauen umfassend. Das langwellige Ende des Spectrums erscheint wahrscheinlich in einem tiefen Gelb, vielleicht gesättigter als das Gelb des normalen Auges; mit abnehmender Wellenlänge nimmt diese Sättigung immer mehr ab, bis in der dem normalen Auge blaugrün erscheinenden Spectralregion völlig farbloses Weiss empfunden wird. Dieses Weiss erhält dann einen bläulichen Ton, die Sättigung wird immer grösser und ist am kurzwelligen Ende des Spectrums dieselbe wie beim normalen Auge. Hier ist also Weiss im Spectrum enthalten und zugleich fällt diese weiss aussehende Stelle zusammen mit dem Orte des einzigen hier vorhandenen Maximums der

Empfindlichkeit für Wellenlängenänderung. Diese Empfindlichkeit ist eine ungemein grosse, denn es beträgt nach den Untersuchungen von Hrn. E. Brodhun der wahrscheinliche Fehler für eine Einstellung auf Farbengleichheit nur 0,15 $\mu\mu$. Die dichromatischen Farbensysteme zerfallen in zwei Typen, welche sich **nur** durch den Ort der grössten Helligkeit im Spectrum unterscheiden. Bei dem ersten Typus (den „Grünblinden") liegt die maximale Helligkeit im Dispersionsspectrum des Gaslichtes ungefähr bei 610 $\mu\mu$, bei dem zweiten Typus (den „Rothblinden") bei 570 $\mu\mu$.

3. Monochromatische Systeme: bisher nur bei wenigen Individuen genauer untersucht. Das ganze Spectrum erscheint als ein farbloses Band, welches in der Gegend von 530 $\mu\mu$ seine grösste Helligkeit besitzt. Von einer Empfindlichkeit gegen Wellenlängenänderung kann hier im gewöhnlichen Sinne keine Rede sein, da allen Spectralregionen durch geeignete Abstufung ihrer objectiven Intensität das gleiche Aussehen ertheilt werden kann.

Die jetzt neu aufgefundene Form der Farbenblindheit bildet nun einen Uebergang zwischen den monochromatischen Systemen und dem „rothblinden" Typus der dichromatischen Systeme. Das Spectrum erscheint bei oberflächlicher Betrachtung als ein farbloses Band, dessen grösste Helligkeit ungefähr bei 570 $\mu\mu$ liegt. Werden aber die beiden Enden des Spectrums isolirt und behufs genauerer Vergleichung unmittelbar neben einander gebracht, so zeigt sich doch, dass sie etwas verschieden gefärbt sind, und zwar wird das langwellige Ende für gelblich, das kurzwellige für bläulich erklärt. Auch die Mitte des Spectrums, welche rein grau erscheint, kann unter diesen Umständen von den Enden mit einiger Anstrengung unterschieden werden. Theile des Spectrums aber, welche geringeren Abstand von einander haben, erscheinen völlig gleich; doch lässt sich nachweisen, dass der schnellste Umschlag im Farbenton ebenso wie bei den dichromatischen Systemen in derjenigen Spectralregion vor sich geht, welche dem normalen Auge blaugrün erscheint. Leider verhinderte eine grosse Lichtscheu (die auch bei monochromatischen Systemen gewöhnlich vorhanden zu sein pflegt), sowie ein bei angestrengter Beobachtung auftretender heftiger Kopfschmerz eine Untersuchung,

ob auch hier ein PURKINJE'sches Phänomen vorhanden war. Aus demselben Grunde war es auch unmöglich, eine weitere Analyse des Farbensystems, wie sie seiner Zeit von Hrn. C. DIETERICI und mir ausgeführt worden ist, vorzunehmen. Doch lässt sich aus der Helligkeitsvertheilung mit grosser Wahrscheinlichkeit schliessen, dass die Gestalt der Curve, welche die Vertheilung der gelben (warmen) Grundempfindung angiebt, mit derjenigen der gleichen Empfindung bei dem „rothblinden" Typus der Dichromaten übereinstimmt.[1])

Sitzung vom 4. Mai 1894.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **E. Pringsheim** hielt folgenden

Nachruf an FRANZ SCHULZE-BERGE.

Am 21. März d. J. starb zu Brooklyn N. Y. unser auswärtiges Mitglied Dr. FRANZ SCHULZE-BERGE im 39. Lebensjahre. Die älteren Mitglieder werden sich seiner noch erinnern, er wird ihnen noch vor Augen stehen, der jugendkräftige, blühende Mann mit den seltsam leuchtenden Augen, aus denen neben dem fröhlichen Lebensmuth des Rheinländers tiefe Begeisterungsfähigkeit und edler Idealismus strahlten. Dazu kam eine eigenthümlich kurze, etwas hastige Art des Sprechens, welche seiner Rede eine grosse Lebhaftigkeit verlieh und zugleich den Eindruck des Zuverlässigen und Durchdachten machte.

Im Jahre 1856 in Obercassel bei Bonn als Sohn des dortigen evangelischen Pfarrers geboren, erhielt SCHULZE-BERGE seine Gymnasialbildung in Bonn, wo er 1872 das Zeugniss der Reife erwarb. Nachdem er sich acht Semester lang in Marburg, Heidelberg, Berlin und Strassburg dem Studium der Mathematik und Physik gewidmet hatte, kehrte er nach Berlin zurück, um sein Oberlehrerexamen abzulegen. Sodann arbeitete er weiter physikalisch im Berliner Universitäts-

---

1) Eine ausführlichere Darstellung findet sich in der Zeitschrift f. Psychol. u. Physiol. der Sinnesorgane Bd. VII. p. 161.

laboratorium unter Leitung von HERMANN VON HELMHOLTZ, an den er sich eng anschloss. Hier arbeitete in demselben Zimmer der damalige Student HEINRICH HERTZ, und der gemeinsame Arbeitsraum wurde für die beiden jungen Männer die Wiege einer engen, erst durch den Tod des Einen gegetrennten Freundschaft. SCHULZE-BERGE war einer der Opponenten bei der Promotion von HERTZ und die letzten Zeilen die er drucken liess, waren ein im Electrical Engineer erschienener Nachruf an seinen im Tode vorangegangenen Freund.

Im Jahre 1880 promovirte SCHULZE-BERGE in Berlin mit einer Dissertation: „Ueber die Electricitätserregung beim Contact von Metallen und Gasen.“ Er wies nach einer neuen Methode electrometrisch, wenigstens qualitativ das Entstehen einer Potentialdifferenz durch Berührung gewisser Metalle mit einigen Gasen nach. Ausserdem ist diese Arbeit bemerkenswerth durch eine scharfe, aber rein sachliche Kritik einer Arbeit von FRANZ EXNER, worin dieser die Unzulänglichkeit der Contacttheorie nachgewiesen und den Sieg der chemischen Theorie entschieden zu haben glaubte. SCHULZE-BERGE gelang es, in der wichtigsten Beweisführung EXNER's einen fundamentalen Fehler nachzuweisen, der jene Folgerungen zu Fall brachte. Obwohl EXNER genöthigt war, diesen Fehler zuzugeben, entstand noch eine weitere Polemik zwischen beiden, bei welcher SCHULZE-BERGE zweimal in WIEDEMANN's Annalen das Wort ergriff, und sehr energisch den Standpunkt der Contacttheorie wahrte.

Nach seinem Doctorexamen machte SCHULZE-BERGE zunächst sein Probejahr am Gymnasium in Charlottenburg ab und wurde dann am Berliner Louisenstädtischen Gymnasium als Lehrer angestellt. Aber die Lehrthätigkeit füllte ihn nicht vollständig aus, er setzte seine experimentellen Arbeiten im Physikalischen Institut fort und hat im Jahre 1885 der Physikalischen Gesellschaft über seine Studien Bericht erstattet in einem Vortrage: „Leitung der Elektricität in einigen dielectrischen Substanzen.“

Da die Berliner Verhältnisse ihm keine Aussicht boten, sich, wie es sein Wunsch war, ganz der physikalischen Forschung hingeben zu können, so entschloss er sich im Jahre 1887 nach Amerika auszuwandern, wohin ihm schon zwei seiner

Brüder vorangegangen waren. Hier bekam er eine Anstellung bei EDISON, dem er zunächst bei der Einrichtung seines grossen Laboratoriums in Orange N. J. werthvolle Dienste leistete. Sodann beschäftigte er sich mit der Construction physikalisch-technischer Messapparate und löste die ihm von EDISON gestellte Aufgabe, Phonogramme galvanoplastisch zu vervielfältigen. Im Jahre 1892 verliess er das EDISON'sche Laboratorium und gründete mit seinem Bruder HERMANN zusammen ein technisches Institut in Brooklyn. Aus diesem ging seine im 50. Bande von WIEDEMANN's Annalen beschriebene Rotationsluftpumpe hervor, bei welcher das arbeitende Quecksilber nicht wie bei den anderen derartigen Vorrichtungen abwechselnd gehoben und gesenkt wird, sondern sich in einem continuirlich rotirenden Apparat befindet. Eine Einführung dieser Pumpe in die Praxis sollte er nicht mehr erleben. Nach kurzem Unwohlsein machte ein Herzschlag am 21. März 1894 seinem Leben ein frühes Ende.

In ihm ging ein Mann dahin, der von lebhafter Begeisterung für die Wissenschaft erfüllt war, und der mit entschiedenem experimentellem Geschick einen scharfen kritischen Verstand und einen guten Blick für die Praxis vereinigte. Er war einer der drüben nicht allzu zahlreichen Deutschen, welche geeignet sind, in der neuen Welt die Achtung vor deutscher Tüchtigkeit, deutscher Ehrlichkeit und deutschem Fleiss zu heben und zu verbreiten.

Die Physikalische Gesellschaft verliert in ihm ein langjähriges treues Mitglied, die „Fortschritte der Physik" einen fleissigen Mitarbeiter. Viele von uns betrauern in dem Dahingeschiedenen einen zuverlässigen, treuen Freund und einen lieben Bekannten.

Hr. **A. König** sprach dann

Ueber die Anzahl der unterscheidbaren Helligkeitsstufen und spectralen Farbentöne.

Der Inhalt des Vortrages wird an anderem Orte veröffentlicht werden.

Sitzung vom 1. Juni 1894.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Der Vorsitzende gedachte des schweren Verlustes, welchen die physikalische Gesellschaft durch den am 21 Mai erfolgten Tod ihres zweiten Vorsitzenden

August Kundt

erlitten hat. Er wies auf die grossen Verdienste hin, welche der Verstorbene sich um die Gesellschaft erworben, sowie auf die rege Theilnahme, die er bereits als junger Gelehrter in den sechziger Jahren und dann später bei seiner Rückkehr nach Berlin stets an den Verhandlungen bewiesen habe. Die Anwesenden erheben sich zu Ehren des Verstorbenen.[1])

Hr. **A. König** berichtete dann (nach gemeinsam mit Hrn. **J. Zumft** angestellten Versuchen)

Ueber die lichtempfindliche Schicht in der Netzhaut des menschlichen Auges.

Durch Modification einer der Purkinje'schen Methoden, die Aderfigur der Netzhaut entoptisch wahrnehmbar zu machen, kann gezeigt werden, dass die Perception für die verschiedenen Spectralfarben in verschiedenen Schichten der Netzhaut stattfindet, und zwar erfolgt sie um so weiter nach aussen, je grösser die Wellenlänge des Lichtes ist. Nur Gelb und Roth scheinen in derselben Schicht empfunden zu werden. Der Ort für die Gesammtheit der empfindenden Schichten fällt ungefähr mit der Stäbchen- und Zapfenschicht zusammen, scheint sie aber an Dicke etwas zu übertreffen.

Aus mehreren anderen entoptischen Erscheinungen lässt sich eine Bestätigung für diese Befunde herleiten.[2])

---

1) Vgl. weiter unten p. 61.

2) Eine vorläufige Mittheilung über diese Versuche findet sich in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie vom 24. Mai 1894. Eine ausführlichere Darstellung soll später in der Zeitschr. für Psychologie u. Physiol. veröffentlicht werden.

Hr. **H. du Bois** sprach darauf über:

Die Widerstandsänderungen von Wismuthspiralen in intensiven magnetischen Feldern (nach Versuchen des Hrn. **J. B. Henderson**).

Trotz der Arbeiten Righi's, Leduc's, van Aubel's, Lenard's und Howard's, Bruger's und anderer Physiker blieb betreffs der Beziehungen des Widerstandes von Wismuthdraht zur Magnetisirung sowie namentlich auch zur Temperatur noch Manches aufzuklären übrig. Es war daher der Wunsch Kundt's, dass diese Beziehungen im hiesigen Institut weiter untersucht werden sollten; die bezüglichen Versuche des Hrn. J. B. Henderson sollen unten kurz beschrieben werden.

Zunächst handelte es sich darum, die Curve, welche das Verhältniss des Widerstands im magnetischen Felde zum normalen Widerstande als Function der Feldintensität darstellt, bis zu dem jezt erreichbaren Grenzwerth der letzteren fortzusetzen. In meiner Mittheilung an die physikalische Gesellschaft vom 2. März d. J.[1]) gab ich als Grenzwerth ca. 38000 C. G. S. Einheiten an und sprach die auf Extrapolation beruhende Vermuthung aus, dass der Widerstand eines Wismuthdrahtes dabei verdreifacht erscheinen würde. Mittels einer kleinen Wismuthspirale von nur 6 mm. Durchmesser zwischen besonders angefertigten Polschuhen hat sich nun jene Vermuthung bestätigen lassen; die erwähnte Curve, welche von Hrn. Bruger bislang bis zu Feldintensitäten von 15000 C. G. S. erhalten wurde und vom Werthe 4000 aufwärts fast geradlinig ist, behält diesen Verlauf auch in intensiveren Feldern bei. Der Widerstand der Spirale stieg bei Zimmertemperatur von ca. 10 Ohm beim Felde Null bis ca. 33 Ohm beim Felde 39000 C. G. S.

Bei niedrigeren Temperaturen ist die Aenderung eine relativ noch erheblichere, bei höheren dagegen eine geringere. Es ist nicht ausgeschlossen, dass eine Temperatur existirt, bei der die Aenderungen im magnetischen Felde schwinden; über die Frage, ob diese Temperatur etwa mit dem Schmelzpunkt des Wismuths zusammenfällt, kann nur der Versuch ent-

---

1) Vgl. auch Wied. Ann. 51. p. 546. 1894.

scheiden. Des leicht schmelzbaren Kittes der käuflichen Spiralen halber konnte bei solchen Temperaturen bislang noch nicht gearbeitet werden.

Die Curven, welche den Widerstand als Function der Feldintensität darstellen, sind als Contourlinien auf derjenigen Fläche zu betrachten, welche den Widerstand in seiner Abhängigkeit von den beiden Variabelen Temperatur und Feldintensität, darstellt. Von der anderen Contourlinienschaar, d. h. von den Temperaturcurven bei constantem Felde, sind auch einige bestimmt worden. Beim Felde Null steigt der Widerstand linear mit der Temperatur und zwar mit dem Temperaturcoefficient 0,0037 pro Grad. Bei zunehmender Feldintensität nimmt jener Coefficient ab, bis er bei ca. 8000 C. G. S. schwindet, das Wismuth sich daher in diesem Felde etwa wie Manganin verhält; bei intensiveren Feldern wird der Coefficient negativ.

Bevor für mehrere Wismuthspiralen und womöglich auch für andere Metalle genauere Curvenschaaren beider Gattungen bestimmt sein werden, was in Aussicht genommen ist, wäre der Versuch einer theoretischen Erklärung dieser merkwürdigen und unerwarteten Erscheinungen wohl noch als verfrüht zu betrachten. Schliesslich sei erwähnt, dass keine Spur von „statischer Hysteresis“ gefunden wurde, und falls eine rein zeitliche Verzögerung stattfinden sollte, so übertrifft sie keinenfalls die Grössenordnung einer Secunde.

Hr. **E. Pringsheim** hielt folgenden, durch Projectionen erläuterten Vortrag (nach gemeinsam mit Hrn. **Gradenwitz** ausgeführten Versuchen).

Photographische Reconstruction von Palimpsesten.

Bisher hat die photographische Kunst bei der Wiedergabe antiker Handschriften ihre Aufgabe wesentlich darin gesehen, ein möglichst getreues Bild des Orginals zu liefern. Allein darüber hinaus ist die Photographie befähigt, wie dies zu forensischen und astronomischen Zwecken längst ausgeübt wird, Bilder herzustellen, bei denen die Contraste in der Lichtwirkung stärker sind als auf dem Original, und welche daher dem Auge mehr Details sichtbar machen, als das Orginal es vermag.

Noch einen Schritt weiter kann man bei Palimpsesten gehen, d. i. solchen Pergamenten, die unter der zumeist in die Augen fallenden Schrift noch Spuren einer. älteren Schrift aufweisen, welche für die Zwecke des zweiten Schreibers abgewaschen war. Hier besteht in den meisten Fällen die Hauptaufgabe und die Hauptschwierigkeit darin, die ältere Schrift zu entziffern. Somit stellt sich der Photographie die Aufgabe dar, auf dem Bilde die spätere Schrift verschwinden und die Urkunde dem Auge in der Gestalt erscheinen zu lassen, welche sie vor der Entstehung der zweiten Schrift hatte.

Diese Aufgabe wird durch folgende Methode gelöst.

Es werden zwei Negative A und B hergestellt, welche geometrisch congruent, aber in der Wiedergabe der Intensitätsverhältnisse sehr verschieden sind. A zeigt die ältere Schrift möglichst schwach, die jüngere deutlich, B die ältere möglichst eben so stark wie die jüngere. Von B wird ein Diapositiv B' gefertigt und dieses auf das Negativ A so gelegt, dass die empfindlichen Schichten sich berühren und die entsprechenden Theile beider Bilder sich decken. Wenn man die beiden aufeinandergelegten Platten im durchgehenden Lichte betrachtet, so sieht man im günstigen Falle die ältere Schrift allein, dunkel auf hellerem Grunde. Denn es ist

	Grund	ältere Schrift	jüngere Schrift
Negativ A	dunkel	dunkel	hell
Positiv B'	hell	dunkel	dunkel
Also im durchgehenden Lichte:	dunkel + hell	dunkel + dunkel	hell + dunkel.

Ist hierbei die Dichtigkeit der Platten so getroffen, dass

$$\text{hell} + \text{dunkel} = \text{dunkel} + \text{hell}$$

ist, so unterscheidet sich die jüngere Schrift nicht mehr vom Grunde und es tritt nur die ältere Schrift dunkel auf minder dunklen Grunde hervor.

Von den aufeinandergelegten Platten kann man dann ein copirfähiges Negativ C anfertigen, welches nur die ältere Schrift aufweist.

Dieses Verfahren wurde an einem der Königlichen Bibliothek zu Berlin gehörigen Manuskripte erprobt, bei welchem die neuere Schrift intensiv schwarz war, die ältere, viel grössere und ziemlich gut erhaltene, einen gelblichen Ton zeigte.

**

Das Negativ *A* wurde auf einer Eosinsilberplatte (von Schleussner) mit Hülfe einer Gelbscheibe hergestellt, lange exponirt und ziemlich flau entwickelt; das Negativ *B* auf gewöhnlicher Bromsilbergelatineplatte (Sachs) gut exponirt und mit starkem Bromkalizusatze hart entwickelt. Das Diapositiv *B'* wurde im Copirrahmen ziemlich kurz exponirt und möglichst hart entwickelt. Auf diese Weise gelang es leicht, die gewünschte Intensitätsverschiedenheit beider Bilder zu erzielen. Die richtige Dichtigkeit des Diapositivs *B'* wurde nach mehrfachem Probiren getroffen.

Weit grössere Schwierigkeiten machte die Erfüllung der zweiten Bedingung, nämlich der geometrischen Congruenz beider Aufnahmen. Der zur Erreichung dieses Zwecks nöthige, vollständig stabile Apparat wurde uns von Hrn. H. C. Vogel in dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam gütigst zur Verfügung gestellt. Bei diesem Apparate war das Object und die Camera auf dem gleichen eisernen Stativ unverrückbar befestigt, und es wurde Sorge getragen, dass die Platte in der Cassette und diese in der Camera bei den beiden correspondirenden Aufnahmen genau die gleiche Lage hatte. Trotzdem gelang es erst dann, zwei vollkommen congruente Bilder zu erzielen, als man die Aufnahme *B* durch eine farblose Glasplatte hindurch vornahm, welche genau die gleiche Dicke besass, wie die zur Aufnahme *A* benutzte Gelbscheibe.

Das Negativ *A* und das Positiv *B'* wurden mit Hülfe einer Lupe sorgsam zur genauen Deckung gebracht und in einem Rahmen festgeklemmt. Bei der Herstellung des Negativs *C* musste darauf geachtet werden, dass das Object sich in genügend grosser Entfernung vom Objectiv befand, weil die beiden übereinander liegenden Bilder nicht genau in derselben Ebene liegen und sich daher nur im senkrecht durchfallenden Lichte vollkommen decken.

Hrn. Generaldirector Wilmanns sei für die gütige Ausfolgung der benutzten Handschrift, Hrn. H. C. Vogel für die freundliche Gewährung von Apparat und Arbeitsraum und ihm, sowie Hrn. Scheiner für die sachkundigen Rathschläge, womit diese Herren die Arbeit förderten, aufrichtiger Dank ausgesprochen.

Sitzung vom 15. Juni 1894.

Vorsitzender: Hr. H. v. HELMHOLTZ.

Hr. **W. von Bezold** hielt folgende

Gedächtnissrede auf AUGUST KUNDT.

Wenige Monate sind vergangen, seitdem wir uns an dieser Stelle versammelten, um das Andenken eines Mannes zu ehren, der gleich einem leuchtenden Meteor mit einem Male am wissenschaftlichen Himmel erschienen war, um nach wenigen Jahren unglaublich reichen Schaffens der Welt wieder entrückt zu werden, lange vor der Zeit, welche die Natur sonst dem Menschenleben als Grenze gesteckt hat.

Noch sind die Worte kaum verklungen, mit welchen damals das Leben und Wirken eines HEINRICH HERTZ geschildert wurde, noch fühlen wir das Nachzittern des Schmerzes, der uns bei der Nachricht vom Tode dieses grossen Forschers und edlen Menschen ergriffen hatte, und wieder ruft uns ein ähnliches Ereigniss zusammen, um der gleichen traurigen Pflicht zu genügen.

Abermals hat die Physik einen schweren Verlust zu beklagen; abermals wurde ihr einer ihrer glänzendsten Vertreter, im kräftigsten Mannesalter stehend, vor der Zeit jählings entrissen.

AUGUST KUNDT, der bisherige II. Vorsitzende unserer Gesellschaft, in dessen Haus wir uns so oft zu gemeinsamer Thätigkeit zusammenfanden, dessen sachkundiger Führung und mannigfachen Anregung wir so viel verdanken, AUGUST KUNDT, der von dieser Stelle aus so oft zu seinen Zuhörern gesprochen und sie für die Wissenschaft begeistert hat, er ist nicht mehr.

Gestatten Sie mir einige Worte zu seinem Andenken zu sprechen und sein Leben und Wirken, so gut ich es vermag, in Kürze zu schildern:

AUGUST ADOLF EDUARD EBERHARD KUNDT war geboren zu Schwerin am 18. November 1839 als Sohn eines Commissars des grossherzoglichen Marstalls und dessen Gemahlin LUISE geb. ENGEL, und zwar als der siebente unter zwölf Geschwistern. Der Vater war ein geistig sehr regsamer Mann,

der sich, obwohl er nur mangelhaften Unterricht genossen hatte, doch durch eigenen Fleiss vielerlei Kenntnisse erwarb, verschiedene Sammlungen anlegte u. s. w., und auch im Sohne vielseitiges Interesse zu wecken verstand, so dass insbesondere KUNDT's Geschicklichkeit im Zeichnen und Modelliren auf diesen Einfluss zurückzuführen ist. Die Mutter war eine äusserst thätige Frau, vom Morgen bis zum Abend beschäftigt, das Hauswesen zusammenzuhalten, was bei zwölf Kindern, unter denen elf Söhne, keine kleine Aufgabe war.

Das Interesse für die Naturwissenschaften trat bei dem jungen KUNDT, wie dies bei ähnlich veranlagten Naturen gewöhnlich der Fall zu sein pflegt, schon früh hervor. Schon als Schüler construirte er mit grossem Geschick selbsterdachte Apparate, auch secirte er mit Vorliebe selbstgesammelte Thiere und verrieth damals schon das Interesse für medicinische Studien, welches ihn auch im späteren Leben nie verlassen hat.

Da er sich im elterlichen Hause für seine Versuche ein besonderes Zimmer eingerichtet, und dies der optischen Experimente wegen mit schwarzen Vorhängen versehen hatte, so wurde ihm von Seiten der Dienstleute der Name des Zauberers gegeben, das Zimmer aber als Hexenküche bezeichnet.

Seine Gymnasialbildung erwarb er in seiner Vaterstadt an dem Gymnasium Fridericianum.

An dieser Anstalt, welche damals unter der Leitung des Directors WEX stand, wurde sehr viel Werth auf wörtliches Auswendiglernen gelegt, namentlich von Gedichten.

KUNDT schrieb sein gutes Gedächtniss vorzugsweise diesen Uebungen zu.

Thatsächlich wusste er bis zu seinem Tode einen grossen Theil der Dichtungen von SCHILLER, GOETHE, GEIBEL, LENAU und anderen wörtlich auswendig.

Nachdem er das Zeugniss der Reife erlangt hatte, verliess er das Gymnasium zu Michaelis 1859, um an der Universität Leipzig Mathematik und Naturwissenschaften zu studiren.

Ursprünglich hatte er bei seiner Neigung für die praktische Seite der Naturwissenschaften die Absicht, das Polytechnicum in Karlsruhe zu besuchen, ein Gedanke, den er übrigens schon bald aufgegeben zu haben scheint.

In Leipzig studirte er bis Ostern 1861, nachdem er bei

Bruhns, Erdmann, Hankel, Naumann, A. F. Möbius (dem Mathematiker) und anderen Vorlesungen gehört hatte. Hierauf ging er nach Berlin, um seine Studien unter Encke, Förster, Kummer, Dove und Magnus fortzusetzen.

Bei Magnus trat er auch in das Laboratorium ein, und unter dem Einflusse jenes ausgezeichneten Experimentators entwickelte sich Kundt's ungewöhnliche natürliche Begabung für experimentelle Arbeiten zu jener Höhe, die wir alle an ihm bewunderten, und der er einen grossen, vielleicht den grössten Theil seiner Erfolge verdankte.

Es war sehr interessant, Kundt über diesen Abschnitt seines Lebens sprechen zu hören, und zu erfahren, mit wie ausserordentlich einfachen Verhältnissen der junge Forscher damals zu rechnen hatte, und wie man allenthalben auf die eigene Geschicklichkeit angewiesen war, wo heute die vollkommensten Hülfsmittel zu Gebote stehen.

Ich erinnere mich sehr wohl daran, wie Kundt bei Gelegenheit eines der Stiftungsfeste unserer Gesellschaft davon erzählte, welch' wichtige Rolle eine grosse Kiste mit Holz und der zugehörigen Säge in dem Magnus'schen Laboratorium gespielt habe, und wie oft dieses Material genügen musste, um allerlei Hülfsapparate zu schaffen.

Uns Kindern einer älteren Generation sind derartige Verhältnisse freilich aus eigener Erfahrung genugsam bekannt, dagegen dürfte es den jüngeren Herren sehr schwer werden, sich einmal in die Zeiten zurückzuversetzen, wo kein Leuchtgas zur Verfügung stand, was freilich in grossen Städten schon damals ein überwundener Standpunkt war, wo es noch keine Wasserleitung gab, wo es für selbstverständlich galt, dass man nur die eigentlichen feinen Messapparate bei dem Mechaniker bestellte, während man sich die meisten anderen Apparate aus Holz und Pappe, aus Glasröhren und Siegellack, aus Drähten und Blechen u. s. w. selbst herstellte.

Es unterliegt für mich keinem Zweifel, dass derartige äussere Beschränkungen, so schädlich sie in reiferen Jahren der Ausführung grösserer Untersuchungen entgegentreten, doch auf den jugendlichen Forscher einen nicht zu unterschätzenden erziehlichen Einfluss äusserten.

Die Nothwendigkeit, sich mit den einfachsten Mitteln zu

behelfen, zwang dazu, sich eine Menge von Handfertigkeiten zu erwerben, und förderte nicht wenig die Geschicklichkeit im Experimentiren sowie die Findigkeit und die Geduld in der Ueberwindung von Schwierigkeiten.

Auch mögen diese Umstände nicht selten dazu beigetragen haben, um junge Leute von geringerer Begabung und ohne stark ausgesprochenen inneren Beruf von vornherein von dem Betreten einer rein wissenschaftlichen Laufbahn abzuhalten.

Jedenfalls aber wird man nicht irre gehen, wenn man behauptet, dass für Kundt die Schulung, die ihm im Magnus'schen Laboratorium zu Theil wurde, von allergrösster Bedeutung war, und dass sie auf seine ganze Thätigkeit einschneidenden Einfluss äusserte.

Aus diesem Laboratorium stammen auch Kundt's erste selbstständige Arbeiten, die in rascher Aufeinanderfolge in wenigen Jahren Reihen der interessantesten Ergebnisse geliefert haben, und von denen schon die ersten vielfach die Keime der späteren grossen Entdeckungen in sich tragen oder wenigstens den Gedankengang verrathen, der mit der Zeit dahin führte.

Schon die frühesten dieser Veröffentlichungen zeigen den erfindungsreichen Kopf, den vorzüglichen Experimentator und streng logischen Denker. Ausserdem findet man in ihnen schon jene klare sorgfältige Darstellung und Abrundung der Form, welche Kundt's sämmtliche Arbeiten auszeichnet, und wodurch ihr Studium so sehr erleichtert wird.

Ich erinnere in dieser Hinsicht an die allerersten in den Jahren 1863 und 64 erschienenen Abhandlungen „Ueber die Untersuchung planparalleler Platten“, „Ueber Depolarisation“, sowie vor allem „Ueber die Doppelbrechung des Lichtes in tönenden Stäben“.

Die beiden erstgenannten, die ihrer Natur nach freilich keine grossen Entdeckungen enthalten konnten, sind doch hinsichtlich der Durchführung und Darstellung schon kleine Meisterwerke, die in keiner Hinsicht den Stempel von Erstlingsarbeiten an sich tragen.

Mit der zweiten derselben promovirte er im April 1864 und möchte ich sie als das Muster einer Doctordissertation bezeichnen.

Die wichtigste aber unter den Arbeiten aus diesen Jahren ist die dritte „Ueber die Doppelbrechung des Lichtes in tönenden Stäben“ vor allem auch deswegen, weil man in ihr den Ausgangspunkt für KUNDT's spätere akustische Arbeiten zu suchen hat.

Es scheint deshalb passend, ein wenig näher auf sie einzugehen:

BIOT hatte schon im Jahre 1820 die Entdeckung gemacht, dass ein Glasstreifen zwischen gekreuzten polarisirenden Spiegeln hellglänzend erscheint, sowie man ihn in longitudinale Schwingungen versetzt, und dass dieser Lichtschein erlischt, wenn der Ton verklingt.

Der Entdecker erklärte die Erscheinung aus einer eigenthümlichen, durch das Tönen hervorgebrachten Spannung des Glasstreifens, die ihrerseits Doppelbrechung im Gefolge haben sollte, ähnlich wie sie durch Druck oder Temperaturänderung erzeugt werden kann.

Diese Art der Erklärung streift aber offenbar die Sache nur, besonders da es den Anschein hat, als ob BIOT die Sache so aufgefasst hätte, als handle es sich hier um dauernde Spannungen, eine Annahme, die geradezu falsch wäre.

KUNDT ging nun daran, der Erscheinung auf den Grund zu kommen und wies vor allem mit Hülfe des rotirenden Spiegels nach, dass es sich hier, wie man von vorneherein vermuthen musste, nur um ganz vorübergehende Verdünnungen und Verdichtungen handelt, und dass die Erscheinung nur durch die schnelle Aufeinanderfolge der wechselnden Phasen den Eindruck des continuirlichen mache.

Hierauf untersuchte er nun, geleitet durch theoretische Ueberlegungen, an welchen Stellen des Stabes das Phänomen zur grössten Entwickelung kommen müsse, welche Rolle hierbei die Lage der Polarisationsebene spiele u. s. w., und gelangte so zu einer nach allen Richtungen vollständigen, Schritt für Schritt durch Thatsachen erhärteten Erklärung.

Diese Arbeit hat man, wie schon bemerkt, offenbar als den Ausgangspunkt für KUNDT's weitere Untersuchungen zu betrachten, die in der nächstfolgenden Zeit sämmtlich Längsschwingungen zum Gegenstande haben.

Er knüpfte hierbei zunächst an einen Versuch von

Wilhelm Weber an, wonach ein Kork, den man gut schliessend in eine Glasröhre gesteckt hat, sich in Bewegung setzt und erst in der Mitte zu Ruhe kommt, wenn man die Röhre an dieser Stelle hält, und dann durch Reiben mit einem nassen Tuch zum Tönen bringt, wobei sich eben in der Mitte ein Knotenpunkt bilden muss.

Indem nun Kundt diesen Versuch aufs mannigfachste abändert, erforscht er die Art und Weise, wie sich die Bewegung longitudinal schwingender Röhren oder Stäbe auf hineingebrachte oder daraufgesteckte Körper überträgt.

Dies führt ihn darauf, auch der Frage näher zu treten, wie sich die Uebertragung solcher Bewegungen an die Luft vollzieht, und bei Bearbeitung dieser Aufgabe gelangt er zu einer seiner bedeutendsten und folgenreichsten Entdeckungen.

Er fand nämlich, dass feiner Staub (semen lycopodii), den man an der Innenwand einer Glasröhre vertheilt hat, sich in regelmässigen Rippen anordnet, sowie man diese Röhre an beiden Enden fest verschliesst und dann durch Reiben in longitudinale Schwingungen versetzt.

Dabei bezeichnen diese Rippen die Knoten stehender Schwingungen, in welche die im Rohre eingeschlossene Luftmasse durch die Längsschwingungen versetzt wird, und die der gleichen Tonhöhe entsprechen, wie die letzteren.

Da sich aber bei gleichen Tonhöhen die Wellenlängen verhalten wie die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten des Schalles in den tönenden Körpern, so erhält man aus den Abmessungen des longitudinal schwingenden Rohres und jenen der erwähnten Rippen auf die einfachste Weise das Verhältniss dieser Fortpflanzungsgeschwindigkeiten im Glase und in der eingeschlossenen Luftmenge.

Und da sich andererseits die Luft durch ein beliebiges anderes Gas oder irgend welchen Dampf ersetzen lässt, so geben diese Staubfiguren, denen man bekanntlich den Namen der Kundt'schen Figuren gegeben hat, ein unglaublich einfaches Mittel ab zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in Gasen und Dämpfen, eine Aufgabe, deren Lösung früher die grössten Schwierigkeiten darbot und in vielen Fällen beinahe unmöglich schien.



Es würde viel zu weit führen, wollte ich darauf eingehen, wie KUNDT diesen Grundversuch in der verschiedensten Weise abänderte, mit welcher Vorsicht und Gewissenhaftigkeit er den Einfluss aller Nebenumstände untersuchte und zu beseitigen wusste, wie er verschiedene andere longitudinal schwingende Körper als Erreger benutzen lehrte u. s. w., so dass die das Gas einschliessende Röhre vollständig in eine Nebenrolle gedrängt wurde.

Es genügt, darauf hinzuweisen, dass hiermit ein höchst einfaches Mittel gefunden war zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in den verschiedensten Körpern, und damit einer der wichtigsten physikalischen Constanten, die auch auf das chemische Verhalten derselben bedeutungsvolle Rückschlüsse gestattet, ein Punkt, der erst später durch die Fortschritte der mechanischen Wärmetheorie, sowie der theoretischen Chemie mehr und mehr in den Vordergrund trat.

Mit dieser Untersuchung, die im Mai 1865 von MAGNUS der Berliner Akademie auszugsweise mitgetheilt wurde und die ein Jahr später unter dem Titel „Ueber eine neue Art akustischer Staubfiguren und über die Anwendung derselben zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in festen Körpern und Gasen“ in POGGENDORFF's Annalen erschien, hatte sich KUNDT einen Platz in der ersten Reihe der Physiker errungen.

Zugleich war dadurch seinen Arbeiten auf längere Zeit eine bestimmte Richtung angewiesen. Thatsächlich veröffentlichte er auch noch in dem nämlichen Jahre eine Reihe von Abhandlungen, in welchen das einmal gefundene Hülfsmittel auf verschiedene mit dem Ausgangspunkte in nahem Zusammenhang stehende Fragen angewandt wurde.

Sie handelten von den Klangfiguren in Orgelpfeifen, deren Hervorbringung erst nach vielen fruchtlosen Bemühungen seiner Ausdauer und seinem experimentellen Geschick schliesslich doch noch gelang, von der Schwingungsform tönender Platten, von der Erzeugung von Tönen durch Flammen u. s. w.

In diese Zeit intensivster Thätigkeit und erfolgreichsten Schaffens fällt auch seine am 24. Mai 1866 vollzogene Verheirathung mit der ältesten Tochter BERTHA des Hamburger Kaufmanns FRIEDRICH KELTING, welche ihm das neugegründete

Heim zu einer Stätte des glücklichsten Familienlebens zu gestalten wusste.

Im darauf folgenden Jahre (October 1867) habilirte er sich von der hiesigen Universität.

Inzwischen setzte er seine akustischen Untersuchungen eifrigst fort, und war besonders bemüht, seine Methode zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeiten in verschiedenen Körpern und unter den verschiedensten Bedingungen weiter auszubilden, um immer schärfere Resultate zu erhalten.

Wie viele Schwierigkeiten hierbei zu überwinden waren, und wie viel Scharfsinn, Umsicht und Ausdauer dazu nöthig war, vermag ich hier nicht auszuführen, und muss ich desshalb auf die beiden grossen Abhandlungen verweisen, in welchen KUNDT diese Arbeiten im Jahrgange 1868 von POGGENDORFF's Annalen dargestellt hat.

Noch vor der Drucklegung dieser Veröffentlichung erhielt KUNDT einen Ruf als Professor an das Polytechnicum in Zürich und wurde ihm hiermit Gelegenheit geboten, seine Begabung als Lehrer in reichem Maasse zur Entfaltung und Bethätigung zu bringen.

Die Zeit seines Züricher Aufenthaltes, der nur zwei Jahre umfasste, reifte nur einige kleinere wissenschaftliche Arbeiten. Die wichtigste derselben bezieht sich auf die Schwingungen von Luftplatten, Versuche, die früher noch nicht angestellt waren, und die sowohl der Theorie als dem Experiment ein weites Feld darbieten. Sie enthielt jedoch nur die ersten Schritte nach dieser Richtung und kam erst einige Jahre später zur völligen Durchführung.

Von den übrigen in Zürich verfassten Abhandlungen berichtet die eine über interessante Beobachtungen an dem Spectrum der Blitze, wobei sich herausstellte, dass die Zickzackblitze und Flächenblitze verschiedene Spectren besitzen und demnach verschiedenen Formen der Entladung entsprechen, eine andere enthält die Beschreibung einer verbesserten Electrisirmaschine, eine dritte endlich Mittheilungen über eine neue Art electrischer Staubfiguren.

Höchst angenehm und anregend gestaltete sich der Züricher Aufenthalt durch den freundschaftlichen Verkehr mit einer Reihe interessanter und bedeutender Männer, von denen ich

nur Semper, Gottfried Keller, Gottfried Kinkel, Scherr, Marschall v. Biberstein, sowie die beiden Wislicenus, Vater und Sohn, namhaft machen will; auch die Freundschaft mit den Herren Gusserow und Rose, die er hier als Collegen wiederfinden sollte, stammt aus jenen Jahren.

Wie schon bemerkt, beschränkte sich die Dauer des Züricher Aufenthaltes auf den kurzen Zeitraum von zwei Jahren, indem er zu Ostern 1870 nach Würzburg übersiedelte, wohin er ebenso wie seiner Zeit in Zürich als Nachfolger von Clausius berufen worden war.

Schon die erste, wenn auch ganz kleine Abhandlung aus diesem Jahre lässt erkennen, dass sich Kundt's Interesse wenigstens für einige Zeit von der Akustik abwenden, und sich wieder nach jenem Gebiete hin lenken werde, auf dem seine ersten Arbeiten gelegen hatten, nämlich auf die Optik.

Sie betrifft „das Spectrum der flüssigen Untersalpetersäure“ und behandelt die Frage, ob zwischen dem Absorptionsspectrum einer Flüssigkeit und dem ihres Dampfes Beziehungen bestehen, eine Vermuthung, die sich in dem betrachteten Falle, wenigstens in gewissem Sinne, als richtig erwies.

Mit der Veröffentlichung dieser kleinen Abhandlung, die ich hier nur als Vorläufer eines neuen Gedankenganges anführe, hatte Kundt ein Gebiet betreten, auf dem er bald nicht minder glänzende Entdekungen machen sollte, als in der Lehre vom Schall.

Kundt war, wie ich aus seinem eigenen Munde weiss, wesentlich durch die Versuche von Quincke über das optische Verhalten der Metalle, die sich ihrerseits wieder an jene von Jamin und an die theoretischen Untersuchungen vom Cauchy, Beer und Eisenlohr anschlossen, auf die Vermuthung geführt worden, dass Metalle und metallisch glänzende Körper in der Brechung des Lichtes Anomalien zeigen müssten.

Kundt hatte sich schon einige Jahre früher damit beschäftigt, an Körpern mit Oberflächenfarben, bezw. an den Lösungen derselben solche Annomalien wirklich nachzuweisen, konnte jedoch anfänglich zu keinem Resultate gelangen; ein vereinzelter Versuch aber mit Joddampf, den Le Roux bereits im Jahre 1862 ansgeführt hatte, und dessen Kundt in seiner

später veröffentlichten Abhandlung Erwähnung thut, war in Vergessenheit gerathen.

Da veröffentlichte CHRISTIANSEN in Kopenhagen am Schlusse des Jahres 1870 eine kleine Notitz über die Brechungsverhältnisse einer concentrirten Fuchsinlösung, welche in dem speciellen Falle thatsächlich solche Unregelmässigkeiten nachwies, und dies veranlasste KUNDT seine auf das gleiche Ziel gerichteten Untersuchungen wieder aufzunehmen.

In der Art und Weise wie er dies that, zeigt sich nun KUNDT's praktischer Sinn und experimentelle Geschicklichkeit wiederum im glänzendsten Lichte.

Alle die Körper nämlich, um die es sich hier handelt, sind beinahe undurchsichtig, desgleichen ihre Lösungen, die man für diese Versuche nur in höchst concentrirtem Zustande anwenden kann.

Die Benutzung gewöhnlicher Hohlprismen ist deshalb ausgeschlossen. Indem nun KUNDT auf ein wenige Centimeter breites Stückchen Spiegelglas einen Tropfen der sehr concentrirten Lösung brachte, und auf diesen unter einem Winkel von etwa 25° die scharfe Kante eines gleich breiten Stückchens eben solchen Glases drückte, erhielt er an der Berührungsstelle beider Gläser ein capillar in die Kante sich hineinziehendes Flüssigkeitsprisma, welches, wenn auch häufig nur auf Haaresbreite, doch wenigstens unmittelbar an der Berührungslinie durchsichtig war.

Mit Hülfe dieses Kunstgriffes gelang es ihm nun in unglaublich kurzer Zeit, die anomale Dispersion bei einer Reihe von Lösungen wirklich nachzuweisen und zwar an Lösungen von Körpern, die im festen Zustand Oberflächenfarben zeigen.

Die einmal gefundene Thatsache verfolgte der Entdecker nun in der gleichen Vollständigkeit und Gründlichkeit, die wir schon bei seinen akustischen Untersuchungen haben kennen lernen, und so entstanden in den Jahren 1871 und 1872 eine Reihe von Veröffentlichungen, die sämmtlich den gleichen Gegenstand behandelten und von denen jede zur Klärung und Verschärfung der ursprünglich gewonnenen Ergebnisse beitrug. Ich will von ihnen nur eine hervorheben, in welcher er den classischen Versuch mit den gekreuzten Prismen beschreibt,



den man passend in doppeltem Sinne mit dem Namen des experimentum crucis belegt hat.

Alle diese Arbeiten sind in Würzburg entstanden, doch kaum hatte er sie zum Abschluss gebracht, als er auch diesen Wohnsitz, an dem er ebenfalls rasch wieder Freunde gewonnen hatte, von denen ich nur Fick, Frhrn. v. Tröltsch, Kölliker und Felix Dahn nennen will, wieder verlassen musste, um abermals in einen grösseren Wirkungskreis einzutreten.

Es war ein schöner, des neuerstandenen Deutschen Reiches würdiger Gedanke, in den mit schweren Opfern wieder gewonnenen Provinzen eine alte Heimstätte deutscher Wissenschaft, die Universität Strassburg zum Wiederaufleben zu bringen und sie mit allem auszurüsten, was sich nur erdenken liess, um ihr von vornherein eine ganz hervorragende Stellung zusichern.

Kundt wurde berufen, an der Ausführung dieses Planes mitzuwirken, und hier wurde ihm Gelegenheit geboten, seine angeborenen und erworbenen Fähigkeiten aufs glänzendste zu entfalten.

Nach seinen Angaben wurde das grossartige physikalische Institut errichtet und Dank seinem Verständniss und seinem praktischen Sinne damit ein Werk geschaffen, wie es in seiner Art einzig dasteht.

In diesen Räumen aber, die er nach seinen eigensten Wünschen gestaltet hatte, konnte er sein Lehrtalent nicht nur wie bisher vom Katheder aus bethätigen, sondern auch eine stattliche Zahl von Schülern im Laboratorium um sich zu versammeln, und sie durch den unmittelbarsten Verkehr einzuführen in die Kunst des Experimentirens und consequenten planmässigen Forschens.

Die dort erzielten Lehrerfolge müssen wohl als der Gipfelpunkt seiner Leistungen bezeichnet werden. Denn so hoch man auch den Werth seiner eigenen wissenschaftlichen Arbeiten und Entdeckungen schätzen muss, so gross der Beifall war, den seine ebenso anregenden als gediegenen, von den vorzüglichsten Experimenten unterstützten Vorlesungen von jeher ernteten, zur allerglücklichsten Entfaltung kamen sein Wissen und Können, kam seine ganze Natur bei seinem Wirken als Lehrer im Laboratorium.

In diesem Sinne wurde er kürzlich schon an anderer Stelle von einem früheren Schüler und späteren Collegen als der Erbe seines Lehrers MAGNUS bezeichnet.[1])

Er übertraf ihn sogar und zwar nicht nur durch die ihm zur Verfügung stehenden Mittel, die ihn in die Lage setzten, seine Befähigung in viel grösserem Umfange zu verwerthen, sondern vor allem auch in einem noch viel wesentlicheren Punkte, in dem feinen Verständniss für theoretische Ueberlegungen.

Denn obwohl sich seine eigenen Forschungen nicht oder nur ganz wenig auf dem theoretischen, oder gar mathematischen Gebiete bewegten, so verstand er es doch meisterhaft, die von anderen auf speculativem Wege gefundenen Sätze so zu deuten und so zuzuspitzen, dass sie der Verfolgung durch das Experiment zugänglich wurden.

Thatsächlich waren es auch jederzeit theoretische Ueberlegungen, welche ihn zur Aufnahme seiner verschiedenen Untersuchungen veranlassten, und die ihn bei der Durchführung seiner Untersuchungen als leitender Faden begleiteten.

Nimmt man dazu noch seine grosse Elasticität in der Aufnahme neuer Anschauungen, wie sie sich z. B. gegenüber den von Lord KELVIN und MAXWELL in die Electricitätslehre eingeführten bekundete, und schliesslich noch sein jugendlich frisches Wesen, wodurch sich das Verhältniss zu seinen Schülern zu einem wahrhaft freundschaftlichen gestaltete, so versteht man, dass er wie kein anderer berufen und befähigt war, sein Laboratorium zu einer Pflanzstätte modernster Wissenschaft zu machen.

Thatsächlich ist auch die Zahl der wissenschaftlichen Arbeiten, welche unter seiner Leitung im Strassburger Institut ausgeführt wurden, und unter denen sich manche sehr bedeutende befinden, eine ganz gewaltige — eine Zusammenstellung derselben, welche ich Hrn. E. BLASIUS verdanke, weist deren nahezu 50 auf — und eine ganze Generation von Physikern verehrt und betrauert in KUNDT ihren Lehrer und Meister.

Merkwürdiger Weise wurden seine eigenen Forschungen durch die grosse Arbeitslast, welche diese ausgedehnte Lehrthätigkeit mit sich brachte, nicht im geringsten beeinträchtigt.

---

1) E. FISCHER, Ber. d. chem. Ges. Sitzg. v. 28. Mai 1894.

Ein Unterschied macht sich nur insofern geltend, als von der Uebersiedelung nach Strassburg an, theoretische Betrachtungen in seinen Abhandlungen breiteren Raum beanspruchen als bisher, sowie darin, dass er sich mehrfach mit seinen Assistenten oder Schülern zur Ausführung gemeinsamer Untersuchungen verbindet.

Auch spielen seine Arbeiten, die anfänglich noch im engen Zusammenhang mit seinen früheren stehen, ja theilweise nur Fortsetzungen und Ausführungen früher begonnener sind, allmählich auf andere Gebiete über, denen er früher ferne geblieben war.

Man wird nicht irre gehen, wenn man das stärkere Betonen der Theorie, sowie das Betreten neuer Gebiete dem nahen freundschaftlichen Verkehr mit Collegen benachbarter Wissenschaften, sowie mit einzelnen seiner Assistenten und älteren Schülern von mehr mathematischer Richtung zuschreibt.

Von den Strassburger Collegen, mit denen er in freundschaftliche Beziehungen trat, sind besonders hervorzuheben Reye, A. v. Baeyer, de Bary, Fittig, Kussmaul, Winnecke, Schmiedeberg, sowie die Herren Leyden und Waldeyer, mit denen er später auch hier wieder an derselben Universität zusammenwirken sollte. Der Assistenten und Schülern aber, mit denen er auch gemeinschaftliche Arbeiten veröffentlichte, wird später bei Aufführung dieser Untersuchungen gedacht werden.

Was seine wissenschaftlichen Arbeiten aus dieser Zeit betrifft, so ist es unmöglich, sie alle aufzuzählen, ich muss mich deshalb darauf beschränken, einige der wichtigsten kurz anzuführen.

Ich erwähne in dieser Hinsicht aus den Jahren 1873 und 1874 die Untersuchungen „über die Schwingungen rechteckiger, insbesondere quadratischer Luftplatten“, die im wesentlichen die Fortsetzung und den Abschluss früher begonnener bezeichnen, sich von den älteren Abhandlungen dadurch unterscheiden, dass in ihnen den mathematischen Entwickelungen viel breiterer Raum angewiesen ist, als man es sonst bei Kundt zu finden gewohnt war, ferner die mit O. Lehmann ausgeführte über longitudinale Schwingungen und Klangfiguren in Flüssigkeitssäulen, die sich ebenfalls eng an die älteren Untersuchungen anschliesst.



Dagegen bewegt sich eine im folgenden Jahre in Gemeinschaft mit K. WARBURG veröffentlichte, auf einem wesentlich anderen Gebiete, nämlich auf dem der kinetischen Gastheorie.

Sie behandelt die Reibung und Wärmeleitungsfähigkeit der Gase und bestätigt die Ergebnisse der Theorie durch die Erfahrung.

Im Anschluss hieran wenden sich die beiden Forscher einer verwandten Frage zu, deren Lösung für die kinetische Gastheorie von ganz hervorragender Bedeutung war: der Bestimmung der specifischen Wärme des Quecksilbergases.

A. v. BAEYER hatte darauf hingewiesen, dass das chemische Verhalten des Quecksilbers die Vermuthung nahe lege, dass im Dampf desselben nicht wie bei anderen Gasen mehrere Atome zu einem Molecül vereinigt seien, sondern dass es ein sogenannt einatomiges Gas sei.

Diese Voraussetzung zwang zu der Folgerung, dass sich das Molecül des Quecksilbergases in Bezug auf seine mechanischen Eigenschaften genau wie ein materieller Punkt verhalte. Unter dieser Voraussetzung ergiebt sich aber wie CLAUSIUS gezeigt hatte, ein ganz bestimmter Zahlenwerth für das Verhältniss der beiden Wärmecapacitäten und damit auch für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in dem Quecksilbergase.

Es war natürlich eine Frage von ganz hervorragender Bedeutung, die Richtigkeit dieses theoretisch gefundenen Werthes an der Erfahrung zu prüfen, und da KUNDT in seinen Staubfiguren ein Mittel besass, um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Schalles in Gasen zu messen, so machte er sich im Verein mit WARBURG an die Lösung der Aufgabe, die freilich gerade bei diesem Gase Schwierigkeiten darbot, wie sie nur ein so ausgezeichneter Experimentator zu besiegen vermochte.

Doch der Versuch gelang, und ergab einen Werth für das genannte Verhältniss, der bis auf $^1/_{1000}$, also man darf sagen vollkommen, mit jenem übereinstimmt, den die Theorie fordert.

Von den Arbeiten der folgenden Jahre erinnere ich zunächst an die im Verein mit RÖNTGEN ausgeführte „über die electromagnetische Drehung der Polarisationsebene in Gasen“, ferner an die Abhandlungen „über die anomale Dispersion im

Natriumdampf“, sowie „über die Doppelbrechung des Lichtes in bewegten reibenden Flüssigkeiten“.

Alle diese Untersuchungen, von denen die erste die Lösung einer schon von FARADAY vergeblich in Angriff genommenen Frage betraf, legen wiederum glänzendes Zeugniss ab von dem ungewöhnlichen Geschick und Scharfsinn, mit welchem KUNDT die grössten experimentellen Schwierigkeiten zu überwinden wusste.

Mit ihnen hatte er sich wieder auf das optische Gebiet begeben, dem er mit einer kurzen Abschweifung auf das benachbarte der Krystallkunde, bis zuletzt treu bleiben sollte.

1883 zeigte er, wie sich die von TOEPLER erdachte Schlierenmethode verwenden lasse, um Verwachsungen im Quarz nachzuweisen, und noch in demselben Jahre machte er einen höchst interessanten Versuch, über die Deformation der im gleichen Materiale im convergenten polarisirten Licht sich zeigenden Ringfigur unter Einwirkung eines starken electrischen Feldes.

Bald darauf veröffentlichte er ein höchst einfaches Verfahren zur Untersuchung der Thermo-, Actino- und Piezoelectricität der Krystalle. Indem er nämlich die betreffenden Krystalle mit dem von den LICHTENBERG'schen Figuren her bekannten Pulvergemisch aus Schwefel und Mennige bestreute, gelang es ihm, die sonst so schwer nachweisbaren electrischen Erscheinungen an Krystallen auf den ersten Blick sichtbar zu machen.

Auch die hierauf folgenden Untersuchungen bewegten sich auf dem Zwischengebiete zwischen Electricitätslehre und Optik.

So beschäftigte er sich 1884 mit der Erklärung der von KERR gefundenen Doppelbrechung electrisirter Flüssigkeiten und gleich darauf ebenfalls im Anschluss an eine von KERR gemachte Entdeckung mit der Drehung der Polarisationsebene in Eisen, Nickel und Kobalt.

KERR hatte bekanntlich gefunden, dass die Polarisationsebene des Lichtes, welches von dem spiegelnden Pole eines Electromagnets normal reflectirt wird, eine Drehung erleidet.

Dies brachte KUNDT auf die Vermuthung, dass polarisirtes Licht, welches durch der Magnetisirung fähige Metalle hindurchgeht, unter dem Einflusse starker Ströme ebenfalls eine ähnliche Drehung zeigen müsse.

Als er zu diesem Zwecke ganz dünne durchsichtige Schichten von Eisen, Nickel und Kobalt hergestellt hatte, gelang es ihm unter Anwendung kräftiger Ströme diese Erscheinung thatsächlich nachzuweisen, und zu zeigen, dass diese Drehung sogar ausserordentlich beträchtlich ist, indem sie bei Eisen und Kobalt den mehr als 30000fachen, bei Nickel den etwa 14000fachen Werth von jenem erreicht, den eine gleich dicke Glasplatte zeigt.

Seit jener Zeit beschäftigte sich KUNDT vielfach mit der Herstellung ganz dünner durchsichtiger Metallschichten zum Zwecke der Erforschung der optischen Eigenschaften der Metalle.

So stellte er im Jahre 1886 solche Schichten durch Zerstäuben von Kathoden her, und zeigte, dass solche Ueberzüge auf Glas doppelbrechend sind, auch wenn die Metalle, aus denen sie gebildet sind, dem regulären Systeme angehören.

Diese Untersuchungen, sowie in Gemeinschaft mit E. BLASIUS veröffentlichte „Bemerkungen über Untersuchung der Pyroelectricität der Krystalle“ bezeichnen den Abschluss von KUNDT's Forschungen in Strassburg, das er bald darauf verliess, um dem Rufe nach Berlin Folge zu leisten.

Bevor jedoch von diesem neuen Abschnitt in KUNDT's Leben gesprochen wird, muss zur Vervollständigung des Bildes von seiner Strassburger Thätigkeit noch nachgetragen werden, dass er vom Mai 1877 bis zum Mai 1878 an der Strassburger Universität die Stelle des Rectors bekleidete, auch darf nicht unerwähnt bleiben, dass er an dem im Jahre 1881 in Paris abgehaltenen electrischen Congress als einer der Delegirten des Deutschen Reiches theilgenommen hat.

Um Ostern 1888 erfolgte nun seine Uebersiedelung nach Berlin, um der Nachfolger von Hrn. v. HELMHOLTZ zu werden, der die bisher innegehabte Stellung aufgegeben hatte, um das Präsidium der neugegründeten Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg zu übernehmen.

Diese Uebersiedelung bezeichnete für KUNDT abermals den Eintritt in einen neuen, wiederum vergrösserten Wirkungskreis.

Leider sollte ihm die damit verbundene Belastung nicht zum Segen gereichen.

Zu den vielen Schülern im Laboratorium, von denen ihm

gar manche von Strassburg her gefolgt waren, kam nun noch die überaus grosse Zahl von Zuhörern der Vorlesungen, die naturgemäss eine gewaltige Vermehrung der abzuhaltenden Examina im Gefolge hatte.

Dies im Zusammenhange mit den vielfachen, zum Theil aufreibenden Anforderungen, welche das Berliner Leben an einen hervorragenden Gelehrten stellt, war selbst für die früher unerschöpflich scheinende Arbeitskraft eines KUNDT zu viel.

Nur mit Aufbietung aller Kräfte und unter Hinzuziehung der späten Nachtstunden war es ihm möglich, neben seiner Thätigkeit als Lehrer, Examinator, Mitglied der Akademie und anderer gelehrter Gesellschaften und Vereine auch noch Zeit für eigene Forschung zu gewinnen, und nur so gelang es ihm, wenigstens noch eine grössere Untersuchung zum Abschluss zu bringen.

Sie hatte die directe Bestimmung der Brechungsexponenten der Metalle zum Gegenstand, eine Frage, deren erfolgreiche Behandlung ihm durch seine reichen Erfahrungen in der Herstellung ganz feiner Metallüberzüge auf Glas ermöglicht wurde.

Man findet die Abhandlung in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie vom Jahre 1888, sowie im 34. Bande von WIEDEMANN's Annalen.

Solchen Anstrengungen war aber auch KUNDT's scheinbar unverwüstliche Natur auf die Dauer nicht gewachsen, ein Herzleiden, das er schon seit seiner Studienzeit mit sich herumgetragen, machte sich wenige Jahre nach der Uebersiedelung von Strassburg zuerst leise, und in längeren Zwischenräumen, dann aber immer nachdrücklicher und häufiger bemerkbar.

Ein Aufenthalt in Bozen während der Osterferien 1893 brachte keine dauernde Besserung und obwohl er mit einer bewunderungswürdigen Willensstärke ebenso wie früher allen seinen Obliegenheiten nachkam, so konnte es doch schon im verflossenen Sommer keinem aufmerksamen Beobachter entgehen, dass mit dem sonst so kräftigen und scheinbar noch immer so jugendfrischen Manne eine gewaltige Veränderung vor sich gegangen war.

Auch zeigten gelegentlich hingeworfene Aeusserungen, dass er sich dessen wohl bewusst war, wenn auch meist gleich

darauf der alte Lebensmuth und die alte Frische wieder die Oberhand gewannen.

Zur Wiedererlangung seiner Gesundheit unterzog er sich in den Herbstferien einer Badecur in Nauheim, der dann noch eine Reise in die Schweiz folgte, ohne dass jedoch die gewünschte Wirkung erreicht worden wäre.

Im Gegentheile verschlimmerte sich der Zustand während des Winters fortgesetzt, und als das Semester zu Ende war, während dessen er noch immer wie früher allen seinen Verpflichtungen nachgekommen war und sich nur ganz zuletzt kleine Erleichterungen gegönnt hatte, da bot er das Bild eines schwerkranken Mannes.

Noch hatte er die Hoffnung bei seinem Freunde Kussmaul in Heidelberg Heilung zu finden und am Tage nach der letzten Facultätssitzung des Semesters, in der er als Decan mit äusserster Anstrengung den Vorsitz führte, eilte er, freilich schon in sehr leidendem Zustande, der freundlichen Neckarstadt zu.

Doch konnte er aus verschiedenen Gründen den dortigen Aufenthalt nicht lange ausdehnen, sondern musste vielmehr noch schwerer krank nach kurzer Zeit wieder nach Berlin zurück.

Damals hatte man bereits alle Hoffnung aufgegeben, aber ganz wider alles Erwarten trat mit einemmale Besserung ein, sodass er sogar, bevor er nach seiner Besitzung in Israelsdorf bei Lübeck zum Zwecke der weiteren Erholung abreiste, noch einmal an einer Sitzung der Akademie theilnehmen konnte.

Thatsächlich hatte es auch nach dem Eintreffen in Israelsdorf den Anschein, als ob völlige Wiedergenesung zu erwarten wäre, und schon wollte es ihm überflüssig erscheinen, dass er sich für das ganze Semester Urlaub erbeten habe, als sich am 19. Mai abermals Beschwerden und vor allem grosse Schwäche einstellten, die sich am folgenden Tage noch steigerte, bis er am 21. sanft entschlief. —

Hiermit habe ich versucht, das Leben und Wirken des Dahingeschiedenen mit wenigen Zügen zu schildern.

Es war ein schönes sonniges Bild, das sich vor unseren Augen entrollte.



Eingeführt in die Wissenschaft durch einen ausgezeichneten Lehrer, der wie kein zweiter dazu berufen war, die individuellen Anlagen des jungen Forschers zur höchsten Vollendung zu bringen, waren schon seine ersten Schritte von Erfolgen gekrönt, und in dem gleichen Maasse, in welchem seine Ziele wuchsen, vermehrten sich auch die äusseren Hülfsmittel, deren er zur Verfolgung derselben bedurfte.

Schon von Anfang an fehlte es ihm nicht an einsichtsvollen und wohlwollenden Freunden und bald bot sich ihm Gelegenheit, seine ungewöhnliche Lehrbegabung zu bethätigen und einen Kreis begeisterter Schüler um sich zu versammeln, von denen gar mancher schon heute einen hochangesehenen Namen in der Wissenschaft errungen hat.

Die Schwierigkeiten, welche die Ungunst äusserer Verhältnisse der Entfaltung der Kräfte und der Durchführung grösserer wissenschaftlicher Arbeiten nicht selten in den Weg legt, blieben ihm fremd, den lähmenden Einfluss, den Gleichgültigkeit und Missgunst auszuüben vermögen, hat er nie empfunden.

Sein Lebensschiff glitt, wenn auch in ernster Arbeit, wie sie ja keinem erspart bleibt, der sich die Wissenschaft zum Arbeitsfelde erkoren hat, dennoch leicht dahin, die Segel stets geschwellt vom günstigen Fahrwind.

So stieg er in der Wissenschaft von Stufe zu Stufe, so häufte sich für ihn als Forscher und als Lehrer Erfolg auf Erfolg, während ihm auch äussere Anerkennung, worunter ich nur die im vorigen Jahre erfolgte Verleihung des Ordens pour le mérite hervorheben will, in reichem Maasse zufloss.

Beglückt durch ein Familienleben von seltener Schönheit, getragen von der Anhänglichkeit seiner Freunde, gestützt durch die Achtung und das Vertrauen der Collegen, gehoben durch die Liebe und Verehrung begeisterter, dankbarer Schüler besass er Alles, was ein Gelehrter sich nur wünschen kann.

Gerade deshalb macht es sich doppelt schmerzlich fühlbar, dass ein so schönes Leben ein so vorzeitiges Ende finden musste, und um so grösser ist die Zahl jener, die er trauernd zurückliess.

Unter den vielen aber, welche die durch sein Hinscheiden entstandene Lücke schwer empfinden, steht die Physikalische Gesellschaft nicht in letzter Linie.

Seit dem Jahre 1865 zählte er zu ihren Mitgliedern, in der Physikalischen Gesellschaft machte er die ersten Mittheilungen über die Arbeiten, welche schon in jungen Jahren seinen Ruhm begründeten, an den Fortschritten der Physik, deren Herausgabe die Gesellschaft als eine ihrer wichtigsten Aufgaben betrachtet, hat er sich längere Zeit als Mitarbeiter, vorübergehend sogar als Redacteur betheiligt.

Und als er nach der Uebersiedelung von Strassburg zum zweiten Vorsitzenden erwählt war, unterzog er sich diesem Amte mit Eifer und Umsicht, und so wird auch die Physikalische Gesellschaft gleich den vielen anderen, die um ihn trauern, ihm ein dauerndes Andenken bewahren.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 13. Nr. 4.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Sitzung vom 19. October 1894.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

In tiefer, von der Versammlung getheilter Bewegung eröffnete der Vorsitzende die Sitzung, indem er des unermesslichen Verlustes gedachte, welchen die Gesellschaft seit ihrer letzten Zusammenkunft durch den während der Ferien, am 8. September, erfolgten Tod ihres ersten Präsidenten, Hrn.

Hermann von Helmholtz

erlitt. Ohne einer ihrer Gründer zu sein, hatte Helmholtz der Gesellschaft seit ihren ersten Anfängen im Jahre 1845 angehört, und schon am 23. Juli 1847 trug er in ihrer Sitzung seine weltberühmte Abhandlung über die Erhaltung der Kraft vor. Von 1849 bis 1871 bald in Königsberg Physiologie und allgemeine Pathologie, in Bonn Anatomie und Physiologie, in Heidelberg Physiologie docirend, ward er wiederum und doppelt der Unsrige, als er nach Magnus' Tode die Berliner Professur der Physik übernahm und dies physikalische Institut baute. Es würde hier nicht an der Zeit sein, die fast endlose Reihe seiner wundervollen Leistungen zu entrollen. Dagegen wird Hr. von Bezold Ihnen den Plan zu einer für Helmholtz zu haltenden Gedächtnissfeier mittheilen, zu welcher die Gesellschaft die übrigen gelehrten Vereine Berlins, zunächst und insbesondere die ihr nah verwandte physiologische Gesellschaft, aufzufordern gedenkt.

Hr. **W. v. Bezold** berichtet dann über die Vorbesprechungen, zu der die Vorstände von fünfzehn hiesigen wissenschaftlichen Vereinen bereits zusammengetreten sind, um eine gemeinschaftliche Gedächtnissfeier für HERMANN v. HELMHOLTZ zu veranstalten.

Hr. **R. Börnstein** führte darauf

einen lichtelectrischen Versuch

vor, welcher von den Hrn. ELSTER und GEITEL in Wolfenbüttel angegeben und durch Hrn. W. v. BEZOLD am 8. Febr. d. J. der Kgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin mitgetheilt worden ist.

Hr. **A. König** sprach dann

Ueber den menschlichen Sehpurpur und seine Bedeutung für das Sehen.

Die gemeinschaftlich mit Frl. E. KÖTTGEN ausgeführten Versuche sind bereits in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie vom 21. Juni d. J. veröffentlicht worden. Die Resultate derselben lassen sich einheitlich erklären und zusammenfassen, sobald man folgende Annahmen macht:

1. In der fovea centralis (und allen Zapfen) kommt kein Sehpurpur vor.

2. Die der Reizschwelle (mit Ausnahme des Roth) zukommende farblose Empfindung (Grau) wird verursacht durch schwache Zersetzung des Sehpurpurs.

3. Bei stärkerer Zersetzung des Sehpurpurs, die sich dann auch auf das erstgebildete Sehgelb erstreckt, entsteht die Empfindung Blau. Dabei braucht der Vorgang, welcher bei grösserer Intensität die Empfindung Blau hervorruft, physiologisch nicht von anderer Qualität zu sein als derjenige, der bei geringerer Intensität als Grau empfunden wird.

4. Die noch unbekannten Sehsubstanzen für die beiden anderen Grundempfindungen Roth und Grün sind (ebenso wie das Sehgelb) schwerer zersetzlich als der Sehpurpur.

5. Bei Totalfarbenblinden ist der Sehpurpur die einzige lichtempfindende Substanz. Das aus ihm entstehende Sehgelb ist hier aber nicht weiter zersetzbar.

6. Die bisher beobachtete Ungültigkeit des NEWTON'schen Farbenmischungsgesetzes und die unter dem Namen des PURKINJE'schen Phänomens bekannte Erscheinung sind da-



durch zu erklären, dass mit steigender Intensität des einfallenden Lichtes sich die spectrale Vertheilung seines Reizwerthes für die von der Zersetzung des Sehpurpurs und Sehgelbs herrührende Empfindung ändert.

7. Der mit der Weissempfindung verbundene physiologische Vorgang ist keine Steigerung des Vorganges bei der Grauempfindung (der Reizschwelle). sondern von ihm qualitativ verschieden.

Sitzung vom 2. November 1894.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Der Vorsitzende gedachte zuerst des grossen Verlustes, den die Gesellschaft durch den am 6. October erfolgten Tod noch eines langjährigen Mitgliedes erlitt. Hr.

Nathanael Pringsheim

gehörte ihr seit 1850—1851 an, und wenn er auch von 1864 bis 1867—1868 die Professur der Botanik in Jena bekleidete, blieb er uns doch fern von Berlin getreu. Hr. Pringsheim war von Fach nicht Physiker, sondern Pflanzenphysiologe. Er war aber mit den gleichalterigen jüngeren Physikern, welche die Gesellschaft gründeten, eng verbunden, und die Strenge der Methoden, die er in seinem Forschungsgebiete übte, bekundete hinlänglich seine Geistesverwandtschaft mit jenem Kreise. Von der Fülle und Bedeutung seiner Leistungen auf einem uns so weit entlegenen Felde ist es unmöglich, hier auch uur das flüchtigste Bild zu entwerfen. Um von der Höhe der Aufgaben, die er sich stellte, und von dem Glück, mit welchem ihm deren Lösung gelang, einen Begriff zu erwecken, genüge es, anzuführen, dass er bei einer mikroskopischen Alge unserer Gewässer, dem Oedogonium ciliatum, das bis dahin kaum geahnte Eindringen von Zoospermien in die weibliche Befruchtungskugel mit leiblichem Auge sah, und bei einem Infusorium, der Pandorina morum, das erste Entstehen der Geschlechter durch Copulation zweier Keimzellen entdeckte.

Hr. **C. H. Wind** giebt folgende Uebersicht

Ueber einige neuere Untersuchungen in Bezug auf das KERR'sche Phänomen,

insbesondere über diejenigen, welche in dieser Hinsicht in den letzten Jahren von einigen niederländischen Autoren angestellt worden sind.

Was den Inhalt meines Vortrages betrifft, so ist zwar all dasjenige, das ich die Ehre haben werde, vorzuführen, bereits der Oeffentlichkeit übergeben[1]); einerseits aber ist ein grösserer Theil desselben erst seit sehr kurzer Zeit in einer einem jeden zugänglichen Sprache, der französischen oder der englischen, erschienen und ein kleinerer Theil nur sogar in der holländischen, andererseits findet es sich in mancherlei Publicationen verstreut. Es erscheint mir deshalb vielleicht nicht ganz überflüssig, die verschiedenen Resultate der einzelnen Autoren hier einmal im kurzen zusammenzufassen.

Eine Zusammenfassung mehrerer älterer Theorien bezüglich des 1877 von KERR entdeckten Phänomens, den Einfluss der Magnetisirung eines Eisenspiegels auf die Natur des von diesem Spiegel reflectirten Lichtes betreffend ist enthalten in einer Arbeit, welche Hr. DRUDE im 46. Bande dieser Annalen veröffentlicht hat.

Bis vor nicht vielen Jahren war wohl der Versuch, welchen Hr. LORENTZ in Leyden in seiner Theorie gemacht hat, eine qualitative und quantitative Beschreibung der betreffenden Erscheinungen zu geben, als noch am besten gelungen zu betrachten; es sei mir deshalb gestattet, von dieser Theorie, welche von Hrn. VAN LOGHEM in seiner Inauguraldissertation weiter ausgearbeitet wurde, in einigen Zügen die Hauptsachen darzulegen.

---

1) LORENTZ, Versl. en Meded. d. Kon. Acad. v. Wetensch. Amsterdam. (II) **19.** 1884; VAN LOGHEM, Inauguraldiss., Leyden 1883; SISSINGH, Wied. Ann. **42.** 1891; Arch. néerl. **27.** 1893/94; GOLDHAMMER, Wied. Ann. **46.** 1892; DRUDE, Wied. Ann. **46.** 1892; ZEEMAN, Arch. néerl. **27.** 1893/94; Comm. fr. t. Lab. o. Phys. o. Leyden, Nr. 5, 8, 10. 1894; WIND, Comm. etc., Nr. 9. 1894; Versl. en Meded. d. Kon. Acad. v. Wetensch. Amsterdam, Sept. 1894.

Der genannte Autor geht bei seiner Erklärung des Kerr'schen Phänomens aus von den von Hall entdeckten Erscheinungen, welche bekanntlich in der Weise zusammengefasst werden können, dass ein electrischer Strom, welcher eine dünne Metallplatte durchfliesst, unter dem Einflusse einer senkrecht zur Platte gerichteten Magnetisirung eine electromotorische Kraft hervorruft, welche senkrecht zu den Richtungen der Magnetisirung und des Stromes steht. Aus Versuchen von v. Ettinghausen und Nernst geht genügend hervor, dass die Intensität dieser electromotorischen Kraft proportional der Stromintensität gesetzt werden muss; und eine der letzten Arbeiten von weiland Hrn. Prof. Kundt[1]) weist darauf hin, dass sie, in den magnetischen Metallen wenigstens, der Magnetisirungsintensität proportional sich verhält. Die Proportionalität mit der Stromstärke wird auch schon bei Lorentz vorausgesetzt, der Zusammenhang mit dem magnetischen Zustande hier aber wesentlich dahingestellt gelassen.

Indem nun Hr. Lorentz, wie auch schon Hr. Rowland es gethan hatte, die Voraussetzung macht, dass die Hall'sche transversale electromotorische Kraft, wie durch einen gewöhnlichen Leitungsstrom, so auch durch einen Verschiebungsstrom verursacht wird, gelangt er zu folgenden Ausdrücken für die Beziehungen, welche in einem magnetisirten Medium zwischen den Componenten der electrischen Kraft und denen des Stromes bestehen:

$$X = \mathfrak{X} - hv, \qquad Y = \mathfrak{Y} + hu, \qquad Z = \mathfrak{Z}.$$

Indem hierin (X, Y, Z) die totale electrische Kraft, $(\mathfrak{X}, \mathfrak{Y}, \mathfrak{Z})$ aber die electrische Kraft bezeichnet, soweit sie aus electrostatischer Wirkung und aus der Induction hervorgeht, und (u, v) den senkrecht zur Z-Axe gerichteten Strom, bezeichnet h eine Constante, die nur noch von der Art und dem magnetischen Zustande des Mediums abhängig ist. Diese Gleichungen bilden mit den Helmholtz'schen Gleichungen für die Electricitätsbewegung[2]) ein vollständiges System, welches Lorentz seinen weiteren Betrachtungen zu Grunde legt.

1) Kundt, Wied. Ann. **49.** p. 257. 1893.

2) v. Helmholtz, Crelle's Journ. **72**; vgl. Lorentz, Inauguraldiss., Leyden 1875.

Nachdem er jetzt untersucht, welche schwingende Electricitätsbewegung allen diesen Gleichungen genügt, und für den Uebergang zwischen verschiedenen Mitteln die geeigneten Grenzbedingungen anwendet, kommt er, bez. VAN LOGHEM für den Fall der Reflexion des Lichtes gegen einen äquatorial oder polär magnetisirten Metallspiegel zu dem Resultate, dass ein in oder senkrecht zu der Einfallsebene polarisirter Lichtstrahl bei der Reflexion zerfallen muss in zwei verschiedene Componenten, eine, die in derselben Ebene, und eine, die senkrecht zu dieser Ebene polarisirt ist. Die letztere Componente wird als die magneto-optische Componente bezeichnet. Unter Amplitude und Phase derselben haben wir diese Grössen zu verstehen, bezogen auf die Amplitude und Phase der anderen Componente des reflectirten Lichtes. Die Theorie führt am Ende zu Ausdrücken für die Amplitude und Phase der magneto-optischen Componente als Functionen des Einfallswinkels, und welche weiter nur abhängig sind von den gewöhnlichen optischen Constanten des Metalles und, soweit es die Amplitude betrifft, vom Werthe der Constanten h.

Man wäre also, nach der Theorie, im Stande, ausgehend von den Beobachtungen bei gewöhnlicher Reflexion, d. h. bei nicht magnetisirtem Spiegel und von dem Werthe von h, welcher aus Versuchen über die HALL-Erscheinung hervorgeht, von vornherein für jeden beliebigen Einfallswinkel die Amplitude und Phase der bei der Magnetisirung auftretenden magneto-optischen Componente zu berechnen. Es handelte sich also darum, die theoretischen Werthe dieser Grössen mit der Beobachtung zu vergleichen.

Nachdem schon Hr. KAZ[1]) in seiner Doctorarbeit eine Reihe von Beobachtungen bei der Reflexion an polär magnetisirtem Eisen mitgetheilt, womit er die Prüfung von VAN LOGHEM's Resultaten beabsichtigte und im Allgemeinen mit befriedigendem Erfolge vollzog, ist Hr. SISSINGH wohl der Erste gewesen, der eine sehr eingehende und äusserst genaue experimentelle Arbeit bezüglich dieses Gegenstandes veröffentlichte. Seine Beobachtungen beziehen sich auf äquatorial magnetisirtes Eisen. Die Methode der Beobachtung besteht im Wesentlichen in der

1) KAZ, Inauguraldiss. Amsterdam 1884.



Messung der Rotationen, welche man entweder einem der beiden Nicol'schen Prismen oder beiden zugleich aus ihren gekreuzten Hauptlagen ertheilen muss, damit die Lichtstärke der durch die Magnetisirung schwach aufgehellten Mitte des in einem Fernrohr betrachteten Spaltbildes Null, bez. ein Minimum werde. Diese Rotationen werden mit dem Namen Null- bez. Minimumdrehungen hezeichnet. Die Einstellung mit der erforderten Genauigkeit zu machen, muss allerdings eine sehr schwierige Aufgabe gewesen sein, weil doch die zu messenden Drehungen durchschnittlich nur von der Grössenordnung von etwa 3 Minuten waren. Die zum Schlusse für die Drehungen erhaltenen Mittelwerthe können auch nur deshalb eine ziemlich grosse relative Genauigkeit beanspruchen, weil sie als die Resultate aus einer sehr grossen Anzahl Einzelbeobachtungen hervorgingen; für die Phasenbestimmung bei einem einzigen Einfallswinkel wurden wohl jedesmal ca. 350 Einstellungen gemacht.

Als nun Hr. Sissingh bei jedem Einfallswinkel seiner Versuche aus den beobachteten Drehungen die Amplitude und Phase der magneto-optischen Componente berechnete und dieselben verglich mit den Werthen, welche er nach der Lorentz'schen Theorie aus den optischen Constanten der gewöhnlichen Metallreflexion herleiten konnte, kam er zu einer merkwürdigen Entdeckung. Die beobachteten Amplituden erwiesen sich ziemlich genau proportional den theoretischen, die beobachteten Phasen aber wichen bei jedem Einfallswinkel um einen so gut wie constanten Werth von etwa 85° von der theoretischen ab. Diese Abweichung will ich den Sissingh'schen Phasenunterschied S nennen.

Hr. Sissingh zeigt am Schluss seiner Arbeit, dass seine Beobachtungen im Allgemeinen übereinstimmen mit denen von Hrn. Kerr, Kundt und Righi, welche bei ihren Versuchen aber alle immer das grösste Gewicht legten auf die Bestimmung desjenigen Einfallswinkels, bei dem Zeichenwechsel einer der Drehungen eintritt. Bei der Berechnung von Phase und Amplitude aus den Righi'schen Beobachtungen, wozu freilich die Daten, wie sie vorlagen, nicht ganz und gar hinreichten, fand er, dass auch diese Versuche im Allgemeinen hinwiesen auf die Existenz des genannten Phasenunterschiedes,

keinesfalls aber so unzweideutig, wie seine eigenen Zahlen für dessen Constanz sprechen, woran wohl ein beträchtlich geringerer Genauigkeitsgrad der Endresultate dieses Autors Schuld sein mag.

Nachdem also SISSINGH als die Frucht einer mehr als dreijährigen Arbeit nachgewiesen hatte, dass die LORENTZ'sche Theorie bis auf einen innerhalb weiter Grenzen des Einfallswinkels nahezu constanten Phasenunterschied den Beobachtungen entspricht für den Fall der Reflexion gegen äquatorial magnetisirtes Eisen, lag die Frage nahe, ob auch bei polär magnetisirtem Eisen sich ein ähnlicher Phasenunterschied geltend mache, und ob er, wenn dieses der Fall wäre, dieselbe Grösse habe oder von dem vorigen verschieden sei.

Es war Hr. ZEEMAN, welcher schon am letzten Theil der SISSINGH'schen Beobachtungen wesentlich mitgearbeitet hatte, der zunächst neue Versuche an polär magnetisirten Eisenspiegeln anstellte. Diese Versuche wiesen auch für diesen Fall einen SISSINGH'schen Phasenunterschied $S =$ ca. 80^0 auf, und ausserdem eine deutliche Dispersion dieser Grösse. Beobachtungen von KUNDT und Hrn. DU BOIS, welche sich nur bezogen auf Minimumdrehungen bei normaler Reflexion und von denen die letzteren die Proportionalität dieser Drehungen mit der Magnetisirung nachgewiesen, konnten leider nicht dazu dienen, die Phase der magneto-optischen Componente zu bestimmen. Die Versuche von Hrn. KAZ und Hrn. RIGHI aber gestatteten einen Vergleich in dieser Hinsicht mit der Theorie; freilich mussten dazu bezüglich den optischen Constanten der von ihnen benutzten Spiegel ziemlich willkürliche Annahmen gemacht werden. Bei diesem Vergleiche mit der Theorie, welcher auch von Hrn. ZEEMAN durchgeführt worden ist, ergab sich, dass eine Uebereinstimmung zwischen den Resultaten der Minimum- und Nulldrehungen, welche ein so geeignetes Mittel zur inneren Controlle der Beobachtungen jedes Autoren für sich darbietet, wie bei SISSINGH und ZEEMANN so auch bei KAZ zutraf, nicht aber bei den RIGHI'schen Beobachtungen. Weiter ergab sich dabei, dass weder die KAZ'schen noch die RIGHI'schen Resultate eine etwaige Constanz des SISSINGH'schen Phasenunterschiedes deutlich hervortreten liessen, ebensowenig wie ein constantes Amplituden-

verhältniss. Zwischen dem Amplitudenverhältniss bei äquatorialer Magnetisirung, die aus den SISSINGH'schen Beobachtungen einerseits und dem bei polärer Magnetisirung, die aus den ZEEMAN'schen andererseits hergeleitet wurden, machte sich dagegen eine durch die Theorie erforderliche Beziehung mit befriedigender Genauigkeit geltend.

Die weiteren Untersuchungen von Hrn. ZEEMAN bezogen sich, auf Anlass einer von der Holl. Gesellschaft der Wiss. in Harlem ausgeschriebenen Preisaufgabe, zu der seine Arbeit eben die preisgekrönte Antwort bildet, hauptsächlich auf das Metall Cobalt, und stellten fest, dass auch für dieses Metall der SISSINGH'sche Phasenunterschied thatsächlich besteht und zwar einen Werth von etwa 50° hat mit einer ebenfalls von ihm bestimmten deutlichen Dispersion.

Aus den Beobachtungen von Hrn. DRUDE bezüglich Co konnte von Hrn. ZEEMAN gar kein constanter SISSINGH'scher Phasenunterschied herausgerechnet werden, was vielleicht daher rühren mag, dass diese Messungen bloss Minimumdrehungen umfassten, bei denen bei den meisten Werthen des Einfallswinkels die Beobachtungsfehler den aus den Drehungen berechneten Werth der Phase sehr stark beeinflussen. Auch von Constanz des Amplitudenverhältnisses war hier keine Spur zu entdecken.

Eine weitere kurze Beobachtungsreihe von Hrn. ZEEMAN bezieht sich auf Nickel, für welches Metall er einen vorläufigen Werth $S =$ ca. 30° aufwies. Diese Messungen erstreckten sich allerdings **nur** über einen einzigen Einfallswinkel und konnten desshalb keinen weiteren Aufschluss geben über die Constanz der Grösse, indem ältere Beobachtungen von KUNDT (zwar bei äquatorialer Magnetisirung) und von Hrn. DRUDE für dieses Metall bei verschiedenen Einfallswinkeln Phasenunterschiede und Amplitudenverhältnisse von sehr verschiedenem Werthe ergaben. Es muss hier jedoch gleich bemerkt werden, dass bei diesen beiden Autoren die Grösse der beobachteten Drehungen meist wiederum nur von der Ordnung von einer oder wenigen Minuten war, sodass die relative Genauigkeit immerhin nicht sehr gross gewesen sein kann.

Trotzdem die Resultate der Untersuchungen von anderen Autoren sich — meist des Mangels an hinreichender Genauig-

keit wegen — den von SISSINGH und ZEEMAN aufgefundenen Thatsachen nicht vollständig anschlossen, mochten die letzteren aber wohl die Existenz des innerhalb weiter Grenzen des Einfallswinkels nahezu constanten SISSINGH'schen Phasenunterschiedes, bei den stark magnetischen Metallen, wenigstens ziemlich wahrscheinlich gemacht haben. Indem dies also als das allgemeine Ergebniss der genannten Experimente betrachtet werden konnte, wurden von der anderen Seite Versuche gemacht, die Theorie des KERR'schen Phänomens zu vervollständigen mit Rücksicht auf die neueren Beobachtungen.

Es gelang zunächst Hrn. GOLDHAMMER in Kasan, ausgehend von der MAXWELL'schen Lichttheorie, indem er die Differentialgleichungen, die er seinen Betrachtungen zu Grunde legte, durch den Zusatz von einigen ziemlich willkürlich gewählten Gliedern vervollständigte, zu Ausdrücken für die Phase und Amplitude der magneto-optischen Componente zu gerathen, die mit den LORENTZ'schen Endausdrücken stimmen bis auf einen constanten Phasenunterschied. Dieser Theorie, die also natürlicherweise ganz gut stimmt mit den Beobachtungen von Hrn. SISSINGH und ZEEMAN, liegt keineswegs ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen den HALL- und KERR-Erscheinungen zu Grunde. Die erwähnten Zusatzglieder enthalten eine unbestimmte complexe Constante, also zwei aus den Beobachtungen zu ermittelnde Grössen.

In demselben Bande von WIEDEMANN's Annalen, in dem diese Arbeit erschien, wurde auch von DRUDE eine schon erwähnte Arbeit über magneto-optische Erscheinungen veröffentlicht. Dieser Autor, der sich eben dadurch zu der Aufstellung einer neuen Erklärung der Phänomene veranlasst fühlte, weil die älteren Theorien, wie auch die LORENTZ'sche, nicht mit den Messungen stimmen, geht von den MAXWELL'schen Grundgleichungen aus, die er zu seinem Zwecke wieder durch den Zusatz von gewissen Gliedern, in die nur eine reelle Constante eingeführt wird, ergänzt. Dass er nur eine einzige neue Constante für das KERR'sche Phänomen einführt, kommt, wie schon Hr. GOLDHAMMER bemerkt hat, darauf hinaus, dass die Grösse S eine aus den gewöhnlichen optischen Constanten zu berechnende Grösse wäre, indem sie bei GOLDHAMMER eine speciell

Andererseits liegen zur Erklärung dieser Erscheinungen eine beträchtliche Anzahl von Theorien vor, unter denen ich nur die von LORENTZ, GOLDHAMMER und DRUDE besonders hervorgehoben habe. Bis vor kurzem war von diesen nur die GOLDHAMMER'sche mit den Thatsachen hinreichend in Uebereinstimmung. Ich muss nebenbei bemerken, dass Hr. DRUDE selber, dazu veranlasst durch die ZEEMAN'schen Beobachtungen, bereits hingewiesen hat auf die Abänderung, die seine Theorie zu erfahren hätte, um mit den Thatsachen in Einklang gesetzt zu werden.

Die GOLDHAMMER'sche und DRUDE'sche Theorie beruhen wesentlich nur auf einer rein mathematischen Hypothese. Hier gegenüber macht Hr. LORENTZ in der seinigen einen Versuch, die Thatsachen der KERR-Erscheinung denen einer anderen noch weiter zu erklärenden Erscheinung unterzuordnen. In Einfachheit der Darstellung stehen, meiner Ansicht nach, die beiden erstgenannten Theorien der letzteren nicht unerheblich nach. Leider fehlte bis vor kurzem der LORENTZ'schen Theorie die genaue Uebereinstimmung mit den Beobachtungen. Weil sie aber eben der grösseren Einfachheit wegen und der physikalischen Grundlage, auf der sie basirt, mich mehr als die anderen anzog, habe ich den Versuch gemacht, ob sie nicht irgend einer Abänderung fähig sei, welche diesem Mangel abhelfe. Und in der That glaube ich, dass mir dieser Versuch auf sehr einfachem Wege gelungen ist.

Bei meiner Erörterung der LORENTZ'schen Theorie habe ich darauf hingewiesen, dass dieselbe wesentlich beruht auf der Annahme, dass der HALL-Effect wie bei den Leitungsströmen so auch bei den Verschiebungsströmen, die mit den ersteren zusammen die Lichtschwingungen bilden, sich geltend mache. Nun kann man zwar voraussetzen, wie es Hr. LORENTZ thatsächlich gethan hat, dass dieser Effect bei den beiden Stromtheilen in gleichem Maasse hervortrete; wegen des grossen Unterschiedes in dem Wesen der beiden Stromtheile aber könnte man ebenso gut, ja sogar mit grösserem Rechte, die HALL-Wirkung als im Allgemeinen für beide Theile ungleich stark voraussetzen. Thut man dieses, führt man also für den HALL-Effect, soweit sich dieser auf den Verschiebungsstrom bezieht, eine zweite Constante k ein, die mit h im Allgemeinen nicht gleichwerthig,

Constanten, einer von dem magnetisirenden Strom herrührenden Temperaturerhöhung zufolge, sich geändert hatten und diese Aenderungen nicht so genau controllirt worden waren wie bei den anderen Reihen, wo sie ausserdem bedeutend weniger erheblich gewesen. Ich schloss aus meinen mit D-Licht angestellten Versuchen auf einen Werth von $S = 36^0 44' \pm 20,5'$. Die angegebenen wahrscheinlichen Fehler beziehen sich bloss auf die Abweichungen der einzelnen Einstellungen und sind desshalb jedenfalls zu niedrig angegeben. Um so mehr ist die Uebereinstimmung mit den Resultaten neuerer Versuche von Hrn. ZEEMAN eine völlig befriedigende zu nennen.

Diese ergaben nämlich:

$$S = 36^0\ 1' \pm 24', \quad \text{bei } \alpha = 39^0\ 4'$$
$$35^0\ 38' \pm 43' \qquad\qquad 25^0$$

ZEEMAN schliesst aus sämmtlichen Beobachtungen, dass für Nickel $S_D = 36^0\ 21' \pm 15'$, und dass diese Grösse auch hier als innerhalb weiter Grenzen des Einfallswinkels nahezu constant zu betrachten ist.

Was das Amplitudenverhältniss betrifft, so tritt eine Constanz desselben bei allen den genannten Versuchsreihen weniger deutlich hervor, als die des Phasenunterschiedes. Dies möchte wohl einerseits von der Schwierigkeit herrühren, die Magnetisirung der benutzten Spiegel zu ermitteln, andererseits aber vielleicht von einer nicht ganz richtigen Einführung des magnetischen Zustandes bei der Berechnung der theoretischen Werthe.

Lassen wir diese Unsicherheit zunächst dahingestellt, so könnten wir den Stand der Kenntnisse bezüglich des KERR'schen Phänomens also kurz resumiren in dieser Weise:

Einerseits liegen eine Anzahl Reihen von sehr genauen Beobachtungen vor, die freilich in mehreren Richtungen noch einer Ergänzung bedürfen[1]), so wie sie da sind aber verschiedene Einzelheiten der KERR'schen Erscheinungen mit grosser Genauigkeit aufweisen.

1) Die Untersuchungen über das KERR-Phänomen werden von Hrn. ZEEMAN in Leyden zur Zeit fortgesetzt.

Andererseits liegen zur Erklärung dieser Erscheinungen eine beträchtliche Anzahl von Theorien vor, unter denen ich nur die von LORENTZ, GOLDHAMMER und DRUDE besonders hervorgehoben habe. Bis vor kurzem war von diesen nur die GOLDHAMMER'sche mit den Thatsachen hinreichend in Uebereinstimmung. Ich muss nebenbei bemerken, dass Hr. DRUDE selber, dazu veranlasst durch die ZEEMAN'schen Beobachtungen, bereits hingewiesen hat auf die Abänderung, die seine Theorie zu erfahren hätte, um mit den Thatsachen in Einklang gesetzt zu werden.

Die GOLDHAMMER'sche und DRUDE'sche Theorie beruhen wesentlich nur auf einer rein mathematischen Hypothese. Hier gegenüber macht Hr. LORENTZ in der seinigen einen Versuch, die Thatsachen der KERR-Erscheinung denen einer anderen noch weiter zu erklärenden Erscheinung unterzuordnen. In Einfachheit der Darstellung stehen, meiner Ansicht nach, die beiden erstgenannten Theorien der letzteren nicht unerheblich nach. Leider fehlte bis vor kurzem der LORENTZ'schen Theorie die genaue Uebereinstimmung mit den Beobachtungen. Weil sie aber eben der grösseren Einfachheit wegen und der physikalischen Grundlage, auf der sie basirt, mich mehr als die anderen anzog, habe ich den Versuch gemacht, ob sie nicht irgend einer Abänderung fähig sei, welche diesem Mangel abhelfe. Und in der That glaube ich, dass mir dieser Versuch auf sehr einfachem Wege gelungen ist.

Bei meiner Erörterung der LORENTZ'schen Theorie habe ich darauf hingewiesen, dass dieselbe wesentlich beruht auf der Annahme, dass der HALL-Effect wie bei den Leitungsströmen so auch bei den Verschiebungsströmen, die mit den ersteren zusammen die Lichtschwingungen bilden, sich geltend mache. Nun kann man zwar voraussetzen, wie es Hr. LORENTZ thatsächlich gethan hat, dass dieser Effect bei den beiden Stromtheilen in gleichem Maasse hervortrete; wegen des grossen Unterschiedes in dem Wesen der beiden Stromtheile aber könnte man ebenso gut, ja sogar mit grösserem Rechte, die HALL-Wirkung als im Allgemeinen für beide Theile ungleich stark voraussetzen. Thut man dieses, führt man also für den HALL-Effect, soweit sich dieser auf den Verschiebungsstrom bezieht, eine zweite Constante k ein, die mit h im Allgemeinen nicht gleichwerthig,

wohl aber von derselben Dimension ist, eine Constante, die bis jetzt zwar noch nicht aus unmittelbaren HALL-Beobachtungen zu ermitteln ist, so hat man, statt den oben angeführten Gleichungssatz, zu setzen:

$$X = \mathfrak{X} - h v_1 - k v_2, \quad Y = \mathfrak{Y} + h u_1 + k u_2, \quad Z = \mathfrak{Z},$$

worin der Index 1 den Componenten des Leitungsstromes, der Index 2 denen des Verschiebungsstromes angehängt ist.

Man erhält dann Endausdrücke für die Amplitude und Phase der magneto-optischen Componente, die sich von den LORENTZ'schen nur durch einen constanten Factor, bez. einen constanten Winkel unterscheiden, und also den GOLDHAMMER'-schen sich ganz genau anschliessen.

Durch diese freilich ganz naheliegende Abänderung erhält man also auch für die LORENTZ'sche Theorie genauen Anschluss an die bisherigen Beobachtungen, ohne dass dieselbe irgend etwas von ihrer Einfachheit einzubüssen hätte. Zugleich bekommt man eine Beziehung zwischen S und dem Verhältnisse k/h, die das letztere aus der ersteren abzuleiten gestattet.

Um nicht zu weitläufig zu werden, beschränke ich mich darauf, dass ich hier nur einige unter gewissem Vorbehalt aus meiner neuen Annahme gezogene numerische Folgerungen vorführe und einige sich an dieselbe knüpfende Bemerkungen nachschicke. Im Uebrigen möchte ich hinweisen auf eine neuerdings von Hrn. LORENTZ der Kön. Acad. d. Wissensch. in Amsterdam in meinem Namen vorgelegte Mittheilung, die bereits in den jüngsten Sitzungsberichten dieser Gesellschaft veröffentlicht ist.[1])

Aus den von SISSINGH, ZEEMAN und mir angestellten Beobachtungen schliesse ich zunächst auf einen Werth von $k/h =$ ca. 4,0 für Nickel, ferner ginge daraus hervor, dass dieses Verhältniss für Co einen ziemlich grossen positiven Werth hat, für Eisen dagegen einen negativen Werth von derselben Grössenordnung wie der für Ni angeführte. Nun gibt THOMSON für die Werthe von h bei Ni, Co, Fe

---

1) WIND, l. c.

Zahlen an, die sich verhalten wie $-14{,}7$, $+2{,}5$, $+7{,}8$. Würde es sich also bei weiteren Versuchen herausstellen, dass unter bestimmten Bedingungen, besonders unter den Verhältnissen, um die es sich hier handelt, der doch schon kleine Werth von h für Co sein Zeichen wechseln könnte, so wäre es nach dieser Berechnung nicht unmöglich, dass h bei allen den drei Metallen dasselbe Zeichen hätte und von derselben Grössenordnung wäre.

Was die absolute Grösse von h betrifft, ginge aus meinen Berechnungen hervor, dass $h/\varkappa$ aus den Kerr-Erscheinungen abgeleitet bei Ni den Werth von ca. $-0{,}03$ haben würde, wenn man für $\varkappa$ den gewöhnlichen specifischen Leitungswiderstand des Metalles einsetzt. Die unmittelbaren Hall-Versuche ergaben aber für dieses Verhältniss einen Werth von der Ordnung von 0,0004, und es würde dies also einen Widerspruch aufweisen. Wenn man aber für $\varkappa$ einen beträchtlich höheren Werth einsetzen dürfte für den Fall der sehr schnellen Schwingungen (und fast alle Lichterscheinungen weisen darauf hin), etwa den Werth, den man aus den optischen Versuchen selbst herleiten kann, so bekommt man für das Verhältniss $h/\varkappa$ Zahlen von wesentlich geringerer Grösse (nach meinen Berechnungen z. B. ca. $-0{,}003$).

Diesen Abweichungen wäre aber ausserdem nicht ein zu grosser Werth beizulegen, so lange nicht die Versuche über das Hall'sche Phänomen auch zu Wechselströmen von verschiedener und sogar sehr kurzer Periode erstreckt sein werden.

Es wäre ja sehr gut möglich, dass die Intensität der Hall-Wirkung bei Wechselströmen und bei stationären Strömen sich verschieden erwiese und abhängig von der Periode. Eben deshalb habe ich es unternommen, in dieser Richtung die Hall-Erscheinung weiter zu verfolgen.

Ich muss hier noch bemerken, und, wie Hr. Prof. Lorentz mir persönlich mittheilte, ist er ganz derselben Ansicht, dass auch mit der von mir vorgeschlagenen Abänderung die Lorentz'sche Theorie weder in mathematischer noch in physikalischer Hinsicht eine vollständig ausgebildete genannt werden darf. Es ist dies schon aus dem Grunde einleuchtend, weil sie zur Zeit nicht im Stande ist, eine Erklärung von der thatsächlichen Dispersion des Kerr'schen Phänomens zu geben.

Für eine weitere Ausbildung dieser Theorie wäre es nothwendig, in das Wesen der Lichtbewegung, besonders in Metallen, und des Einflusses der Magnetisirung tiefer einzudringen. Auch würde es dann vielleicht möglich sein zu erklären, warum in einigen Fällen die KERR-Erscheinung gar nicht, das HALL'sche Phänomen aber mit beträchtlicher Intensität hervortritt.

Hr. J. J. THOMSON [1]) glaubt, dass bei der Lichtbewegung nur der Verschiebungsstrom eine gewisse Rolle spielt in Bezug auf die KERR-Erscheinung, was dem entspricht, dass h in den Gleichungen verschwindet. Er scheint diese Ansicht aber bloss zu stützen auf eine einzige nicht sehr eingehende Vergleichung mit der Beobachtung. Weiter ist es leicht nachzuweisen, dass die abgeänderte LORENTZ'sche Theorie denselben Werth für S ergiebt, wie die DRUDE'sche, wenn man k gleich Null setzt, also der THOMSON'schen Ansicht beipflichtet. Es ist vielleicht auch nicht ohne Interesse, zu bemerken, dass Hrn. DRUDE's wichtigste Einwendung gegen die LORENTZ'sche Theorie hinfällig wird, sobald diese in Anschluss kommt mit der Beobachtung, und somit der Hauptgrund, der ihn veranlasste zur Aufstellung eines neuen Erklärungssystems. Zum Schlusse lässt sich noch leicht nachweisen, dass der mathematische Ausdruck der von mir vorgeschlagenen Annahme äquivalent ist dem Ansatze, den Hr. GOLDHAMMER seinen Grundgleichungen ertheilt, und also zu denselben Resultaten führen muss.

Am Ende möchte ich noch hervorheben, dass alle die hier besonders hervorgehobenen experimentellen Untersuchungen in Leyden in dem Physikalischen Institut der Universität ausgeführt wurden, auf Anregung und unter der stetigen unschätzbaren Leitung von Hrn. Prof. KAMERLINGH-ONNES, dem ich, soweit es meinen Antheil an denselben betrifft, auch hier meinen verbindlichsten Dank dafür ausspreche.

---

1) J. J. THOMSON, Rec. Res. i. Electr. a. Magn. p. 488.

Sitzung vom 16. November 1894.

Vorsitzender: Hr. W. v. Bezold.

Hr. **H. W. Vogel** sprach über

Farbenwahrnehmungen.

Vor vier Jahren machte ich vor der physikalischen Gesellschaft eine Anzahl Versuche über Farbenwahrnehmungen von Pigmenten bei monochromem und dichromem Licht (vgl. Jahrg. VII p. 56).

Ich experimentirte dabei mit Petroleumlampen, welche mit rothen, grünen und blauen spektroskopisch ausgewählten, möglichst monochromen Scheiben verglast waren.

Obgleich die Helligkeiten gedachter Lampen sehr gering waren und kaum drei Kerzen erreichten, war es doch möglich an einer Farbentafel für nahestehende Beobachter zu constatiren, dass bei monochromer Beleuchtung, unter strengem Ausschluss von weissem Licht jeglicher Farbeneindruck der Pigmente aufhört und nur Abstufungen von Schwarz und Weiss übrig bleiben. Für gelbe Natriumlichtbeleuchtung ist diese Erscheinung schon längst bekannt.

Ferner constatirte ich, dass eine mit rothem Licht beleuchtete Farbentafel (in welcher die rothen Pigmente weiss bis grau aussehen) bei Hinzufügung von blauem Licht die gedachten rothen Pigmente plötzlich gelb, bei schwächerer Beleuchtung rothgelb erscheinen und nicht roth, trotz des Vorhandenseins rother Strahlen und des Fehlens der gelben. Man empfindet somit eine Farbe, deren Strahlen in der betreffenden Beleuchtung (Blau + Roth) selbst nicht vorhanden sind. Die rothen Felder erscheinen bei dieser Beleuchtung in derselben Farbe wie die gelben, sodass sie kaum von einander zu unterscheiden sind. Sofort aber wird dieser Unterschied bemerkbar, wenn man zu rothem Licht nicht blaues, sondern grünes Licht (λ 580—521) fügt. Dann erkennt man die rothen Pigmente wirklich als roth, die gelben als blassgelb (l. c.).

Verschiedene Thatsachen aus der Beleuchtungspraxis (das auffallend weissliche Aussehen der Goldmünzen bei gelbem Lampenlicht, in welchem sie doch eigentlich glänzender gelb erscheinen müssten, die abnormen Farbeneffecte bunter Gegenstände in farbig verglasten Ausstellungsräumen etc.,

vgl. Jahrg. IX p. 2 und 3 dieser Verhandlungen) veranlassten mich, diesen Gegenstand weiter zu verfolgen. Bei Anwendung schwacher farbiger Beleuchtung sind die Erscheinungen bei schwarzem Hintergrund etwas anders als bei weissem, worauf ich bereits l. c. (Jahrg. IX p. 4) ausdrücklich hingewiesen habe. Bei Anwendung starker farbiger Beleuchtungen tritt dieser Unterschied (zwischen schwarzem und weissem Grund) aber viel weniger hervor. Ich bediene mich jetzt zur Vorführung betreffender Erscheinungen des electrischen Bogenlichtes von mindestens 10 Amp., welches ich durch spectroskopisch ausgewählte rothe resp. grüne Scheiben oder durch eine Flasche Kupferoxydamon, welche nur blaue und violette Strahlen (von λ 470 an) durchgehen lässt, filtrire. Die rothe Scheibe lässt nur Strahlen von 595 bis *A* Frauhofer durch.

Von besonderer Wichtigkeit ist die Absperrung jeglichen weissen Nebenlichtes von der electrischen Lampe, was keineswegs leicht ist. Mit Hülfe dieser Vorrichtungen lassen sich die Erscheinungen einem Publikum von 300 Personen vorführen und ist der Eindruck viel überzeugender als bei Anwendung schwacher Lichter.

Neben der electrischen Lampe mit vorgesetzten farbigen Schichten bediente ich mich auch für gelbe Beleuchtung der Natriumflamme, für rothe einer Argandflamme von 20 Kerzen mit passend gewähltem rothen Cylinder[1]). Wichtig ist bei Anwendung zweifarbiger Beleuchtung das genaue Abwägen der Helligkeit beider Lichter nebeneinander. Ein Versuch entscheidet darüber rasch. Bei der electrischen Lampe schaltete ich stets die Projectionslinse ein, um den „Lichtkreis“ zu beschränken. Die rothen und gelben Lampen müssen der Farbentafel ganz bedeutend näher stehen als die electrische Laterne.

Meine Versuche hatten zunächst für mich ein wesentlich praktisches Interesse; sie galten der für Kunstgewerbe und Kunst höchst wichtigen Farbenwahrnehmung von Pigmenten und gefärbten Stoffen bei verschiedenen Beleuchtungen. Ich habe den hier gewonnenen Resultaten (vgl. Jahrg. VIII p. 56) nichts Wesentliches hinzuzufügen. Die Erklärung der in manchen Beziehungen seltsamen Erscheinungen habe ich Jahr-

1) Ganz vortrefflich bewähren sich als solche die in der Masse gefärbten Rubinrothcylinder von Gebr. PUTZLER Glasfabrikanten Penzig i. Schl.

gang IX p. 6 und 7 nur angedeutet, und betont, dass hier zwar Contrasterscheinungen vorliegen, aber keineswegs jene viel bekannten, welche Complementärfarben veranlassen (l. c. p. 5 u. 6).

Schon damals führte ich aus, wie unsicher und schwankend der Begriff Complementärfarbe sei; wie ein und dasselbe farbige Licht mehrere complementäre haben könne, wie Weiss sogar die Complementärfarbe aller einfachen Strahlen, gleichviel welcher Farbe, sei und wie bei Pigmentfarben die bisher als complementär erachteten Farben (Schwefelgelb zu Kobalt-Blau, Roth zu Grün etc.) nur bei Gegenwart weissen Lichtes zum Vorschein kommen, bei Ausschluss desselben aber ganz andere Farben sich zeigen, z. B. bei Beleuchtung mit rothem und blauem Licht Gelbroth statt Schwefelgelb zu Kobaltblau etc.

Die Contrastwirkungen aber, welche bei meinen Versuchen hervortreten, sind meist ganz anderer Art; sie gehören zu jenen, welche schon von Helmholtz benutzte, um unserm, oft unsichern Farbenurtheil zu Hülfe zu kommen.

Bei starken farbigen Lichtern wird unser Urtheil sofort durch die Erregung der drei farbenempfindlichen Nervenfasern (v. Helmholtz' Theorie) auf die richtige Fährte geleitet. Bei geringer Sättigung oder geringer Lichtstärke — letzterer Fall tritt sehr oft bei Pigmentfarben ein — bedürfen wir aber der Vergleichung, die uns ja schon bei photometrischen Versuchen, wo es sich nur um Bestimmungen von Abstufungen der Helligkeit handelt, ganz unentbehrlich ist.

v. Helmholtz sagt p. 322, II. Aufl., seiner physiologischen Optik:

„Wir betrachten als vorzugsweise weiss die Farbe des vollen Sonnenlichtes."

„Schwache Farbenabweichungen einer anderen Lichtquelle bemerken wir entweder nur bei grösserer Aufmerksamkeit oder auch wohl gar nicht, wenn wir nicht Gelegenheit haben, die verschiedenen Beleuchtungsweisen unmittelbar hintereinander zu sehen. Bei stark farbigen Beleuchtungen ist allerdings die Erinnerung an das viel gesehene Sonnenlicht treu genug, um die bestehende Abweichung der Beleuchtung zu erkennen."

„Wie unsicher und schwankend unsere Vorstel-

lung von Weiss ist, zeigt sich am deutlichsten, sobald wir versuchen, Weiss durch Mischung von Spectralfarben herzustellen.“

„Wenn wir nicht eine Probe von Tageslicht daneben haben, kommen wir nur zu einer groben und schwankenden Annäherung an Weiss.“

(Das heisst, wir empfinden Weiss, wo in der That ein farbiges Strahlengemenge vorliegt und nur der Vergleich führt unser unsicheres Urtheil auf die richtige Fährte.) Ferner p. 329:

„Dass Braun identisch ist mit lichtschwachem Gelb etc. erkennt man am besten durch prismatische Analyse des Lichtes an braunen Körpern, schwerer durch Projection des betr. Lichtes auf einen Schirm,

„Weil wir fortdauernd die Neigung haben zu trennen, was in der Farbe oder dem Aussehen eines Körpers von der **Beleuchtung** und was von der Eigenthümlichkeit der Körper**oberfläche** selbst herrührt.“

Es gelang Helmholtz erst, das Goldgelb des Spectrums auf einen Schirm als Braun erscheinen zu lassen, wenn er neben einem rechteckigen Feldchen Gelb ein grösseres Feld des Schirmes mit hellerem weissen Licht beleuchtete.

Er griff also auch hier zu Contrasten, um eine Farbe deutlich zu empfinden. In vorliegenden Experimenten wählte er Contraste mit weissem Licht.

Wie stark die Helligkeit unser Farbenurtheil beeinflusst, beweist die Thatsache, dass Helmholtz sehr dunkles Spectralgrün als Olivengrün erkannte (bei Vergleich mit Weiss l. c.). L. Weber dagegen beschreibt noch schwächeres Spectralgrün als Grau (vgl. Verhandl. Jahrg. IX p. 2). Aehnlich ist's auch bei anderen Spectralfarben stärkerer Brechbarkeit. Die Region der Linie F erscheint bei schwachem Lichte im Spectrum merklich grün, bei starkem Lichte dagegen hellblau. Die Region der Linie G erscheint bei schwachem Lichte ganz deutlich violett, bei starkem Lichte blau, bei starkem Sonnenlicht sogar, wie längst bekannt ist, blauweiss; sodass die vielfach vertretene Behauptung, dass einer bestimmten Wellenlänge ein bestimmter Farbeneindruck (bei Trichromaten) entspreche, fallen gelassen werden muss.

Gilt dieses nun schon für farbige Strahlen, so gilt es noch vielmehr für Pigmente.

Um diese in ihrem Localton zu erkennen, muss unser Urtheil hinzutreten und dieses wird durch den Contrast geleitet. Wir erachten eine Fläche für Gelb, wenn uns der Mangel an blauen Strahlen deutlich zum Bewusstsein gelangt, eine Fläche für Grün, wenn uns der Mangel rother Strahlen deutlich zum Bewusstsein kommt, eine Fläche für Roth, wenn wir den Mangel grüner Strahlen ganz unzweifelhaft erkennen, eine Fläche für Blau bei deutlicher Erkennung des Mangels gelber oder rothgelber Strahlen.

Helmholtz sagt bei der Besprechung farbiger Schatten (Phys. Optik 1. Aufl. p. 409): „Wir gewöhnen uns desshalb, von allen farbigen Flächen ohne Unterschied, soweit sie im Bereiche farbiger Beleuchtung sind, die Farbe der Beleuchtung abzuziehen, um die Körperfarbe zu finden.“

„Kommen Kerzenlicht und Tageslicht zusammen, so ist die Beleuchtung des Grundes weisslich-rothgelb, dieses Rothgelb subtrahiren wir nun von der Farbe des Schattens, zu dem gar kein Kerzenlicht gelangt und halten diesen für blau, während er in der That weiss ist.“

Das ist dasselbe als wenn ich sage, wir erkennen neben dem rothgelben Grund ganz deutlich in dem Kerzenschatten den Mangel an Rothgelb und darum halten wir die Fläche für blau.

In gleicher Weise erkläre ich die Meyer'schen Versuche (Complementäre Färbung grauer auf farbiges Papier gelegter Ringe, namentlich beim Bedecken mit durchscheinendem Papier).

Das durchscheinende Deckpapier erscheint uns als Weiss, das durch die Farbe des Grundes, z. B. scharlachroth, zart angetönt ist. Nur an der Stelle wo das graue Papier liegt, erscheint diese Rosatönung nicht, wir werden uns daher durch Vergleich mit dem rosigen Weiss sofort dieses Mangels an Roth über dem grauen Ringe bewusst und daher taxiren wir den grauen Ring als grün. Aehnlich ist es bei anderen Farben.

In gleicher Weise lassen sich die eigenthümlichen Farbenerscheinungen bei meinen Experimenten mit dichromen Licht erklären.

Dass man z. B. rothe und gelbe Pigmente bei blauem



und rothem Licht nicht unterscheiden kann, dass beide in dieser Doppelbeleuchtung gelb aussehen, obgleich gelbe Strahlen in der Beleuchtung fehlen, erklärt sich daraus, dass beide Pigmente das Blau schlecht reflectiren. Daher empfindet man den Mangel an Blau und infolgedessen taxirt man beide Farben als gelb, obgleich gar kein gelbes Licht vorhanden ist.

Dass bei Vertauschung des blauen Lichtes durch grünes (neben rothem) beide Farben (Roth und Gelb) plötzlich differiren und Roth als Roth erscheint, erklärt sich daraus, dass bei Zutritt des grünen Lichtes uns der Mangel an grünen Strahlen in den rothen Pigmenten deutlich zum Bewusstsein gelangt und unser Urtheil bestimmt, die rothe Farben als roth zu taxiren. Anders ist es bei den gelben Pigmenten; diese reflectiren kräftig grüne Strahlen. Danach können wir einen Mangel an solchen nicht bemerken, können sie also auch nicht als Roth taxiren, obgleich sie beträchtliche Mengen rothen Lichtes reflectiren.

Ja, dieses rothe reflectirte Licht wird sich (nach Helmholtz) mit dem grünen reflectirten zu Gelb mischen und Blassgelb liefern. Dass blaue Pigmente bei rein blauer Beleuchtung weiss erscheinen, aber bei Zutritt von gelbem Natronlicht deutlich blau werden, wird man gar zu gern durch die Inducirung der Contrastfarbe Blau zu Gelb erklären. Aber diese tritt nur bei Gegenwart weissen Lichtes hervor, welches bei diesen Versuchen ausgeschlossen ist. Man erkennt nur bei Anzündung des gelben Lichtes den deutlichen Mangel an gelben Strahlen in dem von den blauen Pigmenten zurückgeworfenen Lichte und daher taxiren wir die blauen Pigmente als Blau.

Mit dieser Anschauung lassen sich auch die übrigen, schon vor vier Jahren gezeigten Experimente (l. c.) erklären.

Mit electrischem Lichte gelingen diese Experimente auch auf schwarzem Untergrunde.

Dieses kann nicht auffallen. Auch die bekannten Experimente mit succesiven Contrast gelingen bei schwarzem Grunde. Zudem ist bekannt, dass dieser nicht völlig schwarz ist. Endlich dringen keineswegs alle Strahlen, welche auf die farbigen Felder fallen, in dieselben hinein, sondern sie werden zum Theil von der Oberfläche unverändert reflectirt

(namentlich bei den helleren Pigmenten) und können dann die oben beschriebene eigenartige Contrastwirkung ausüben.

Es ist mir neuerdings gelungen, die gedachten Experimente auch ohne electrisches Licht durchzuführen und zwar durch Anwendung der vortrefflichen Magnesiumlampe vom Mechaniker Süss in Marburg, welche, bei guter Vorbereitung, stundenlang brennt, ohne zu verlöschen.

Meine Süss'sche Lampe hat drei Bänder. Das einzelne Band entwickelt eine Lichtstärke von 229 Kerzen (Hefner). Das Licht der drei Bänder gibt ein treffliches objectives Spectrum von 60—70 cm Länge und einen ausgezeichnet hellen „Lichtkreis“ für Projectionen und für die oben geschilderten Versuche.

Hr. **H. Rubens** berichtet nach gemeinsam mit den Hrn. **W.** und **E. Rathenau** angestellten Versuchen

über die Ferntelegraphie ohne Draht.

Der Inhalt des Vortrages wird an anderer Stelle ausführlich veröffentlicht werden.

Sitzung vom 30. November 1894.

Vorsitzender: Hr. W. v. Bezold.

Der Vorsitzende macht davon Mittheilung, dass am 14. December die in der Sitzung vom 19. October in Aussicht gestellte Gedächtnissfeier für Hermann von Helmholtz stattfinden wird, und dass Ihre Majestäten der Kaiser, die Kaiserin und die Kaiserin-Mutter ihre Anwesenheit bei derselben bereits zugesagt haben.

Hr. **E. Aschkinass** sprach:

Ueber den Einfluss electrischer Wellen auf den galvanischen Widerstand metallischer Leiter.

Als ich im vergangenen Winter den Versuch machte, die Intensität der electrischen Strahlung eines Righi'schen Erregers [1]) an ihrer thermischen Wirkung mittelst eines gewöhnlichen Strahlungsbolometers zu messen, beobachtete ich gewisse unerwartete Erscheinungen, die mich veranlassten, über

1) A. Righi, Rend. Acc. d. Lincei 2. 1893.

den Einfluss electrischer Wellen auf das galvanische Leitungsvermögen eingehendere Untersuchungen anzustellen.

Die Beobachtungen geschahen folgendermaassen: ein Leiter, der in gewöhnlicher Weise in eine WHEATESTONE'sche Combination eingeschaltet war, wurde einer electrischen Strahlung ausgesetzt; vorher und nachher wurde sein Widerstand gemessen. Zunächst verfertigte ich mir nach den Angaben ÅNGSTRÖM's [1]) über die Herstellung von Bolometerwiderständen ein Gitter aus Stanniol. Dasselbe war 4 cm lang und 3,5 cm breit und bestand aus einem in 41 von einander isolirten Windungen hin- und herlaufenden, etwa $^3/_4$ mm breiten Streifen. Sein Widerstand betrug $w_0 = 30$ Ohm. Liess ich nun electrische Schwingungen auf das Gitter einwirken, so erfuhr dasselbe eine Widerstandsverminderung, und zwar war diese constant, d. h. nach Aufhören der Strahlung behielt der Widerstand den verringerten Werth. Auch nach Verlauf von Tagen war nicht zu bemerken, dass er sich seiner ursprünglichen Grösse wieder genähert hätte. Das Maximum der Aenderung betrug ungefähr 2 Proc. Dieses Maximum wurde nicht allmählich, sondern in einem Sprunge erreicht, sobald nur die ersten Funken im Erreger aufgetreten waren. Das beobachtete Phänomen war vollkommen unabhängig von der Orientirung des Gitters; die Erscheinung war in jeder Beziehung die gleiche, ob nun die Gitterstreifen parallel oder senkrecht zur Schwingungsrichtung der Wellen gestellt waren.

Um den Versuch wiederholen zu können, nachdem der Widerstand seinen minimal geänderten Werth w_m angenommen hatte — den er ja nun beibehielt, wenn er sich selbst überlassen blieb — musste ich das Gitter vorerst erwärmen, z. B. durch eine davorgestellte Flamme. Wurde lange genug erwärmt, so erreichte der Widerstand seine ursprüngliche Grösse w_0. Andernfalls nahm er constant irgend einen zwischen w_0 und w_m gelegenen Werth an. Liess ich nun aufs Neue die electrischen Wellen einwirken, so ging der Widerstand in beiden Fällen wiederum auf w_m.

Dasselbe, was eine Erwärmung bewirkte, konnte ich aber auch durch mechanische Erschütterungen erreichen. Es ge-

1) K. ÅNGSTRÖM, Wied. Ann. **26.** p. 253. 1885.



nügte ein leichtes Klopfen mit dem Finger auf den Holzkasten, in dem sich das Stanniolgitter befand, um den Widerstand desselben von dem geänderten Werth w_m augenblicklich auf den ursprünglichen Werth w_0 zu bringen.

Meine nächste Aufgabe war es, zu untersuchen, ob ich es in der That mit einer Wirkung der electrischen Schwingungen zu thun hatte. Hierfür sprach schon der Umstand, dass die Widerstandsänderung nur dann auftrat, wenn der Primärfunke eine bestimmte Länge hatte, bei welcher dann auch in einem Funkenresonator Secundärfunken beobachtet werden konnten. Indessen der sicherste Nachweis dafür, dass eine Erscheinung als Wirkung electrischer Wellen aufzufassen sei, ist wohl immer der bekannte Hertz'sche Gitterversuch. Ich stellte daher zwischen den Stanniolwiderstand und den Erreger ein Gitter aus parallel gespannten Kupferdrähten, mit dem ich früher bei der Beobachtung der electrischen Strahlung durch Resonatorfunken den Hertz'schen Versuch wiederholt ausgeführt hatte. Es zeigte sich nun aber bei der oben beschriebenen Versuchsanordnung, dass die Widerstandsänderung bei jeder Stellung des Gitters in gleicher Weise auftrat. Da ich mich jedoch durch eine Reihe von Versuchen überzeugt hatte, dass die von mir beobachteten Erscheinungen durch irgend welche anderen bekannten electrischen Vorgänge keinesfalls zu erklären seien, so war ich trotzdem der Meinung, eine Wirkung electrischer Wellen vor mir zu haben. Ich untersuchte deshalb weiter, ob ich den Stanniolwiderstand durch ein davorgestelltes grosses Metallblech vor dieser Wirkung schützen könnte. Es zeigte sich, dass dies nur bei gewissen Stellungen des Bleches und auch dann nicht vollständig gelang. Dieser Umstand, sowie gewisse bei dem Gitterversuch gemachte Beobachtungen wiesen darauf hin, dass auch die im Wege der Strahlung befindlichen Zuleitungsdrähte eine wesentliche Rolle bei dem Auftreten der Widerstandsänderung spielten. Darauf deutete auch folgender Versuch: Der Stanniolwiderstand wurde in einen auf allen Seiten geschlossenen Blechkasten gesetzt, der nur oben zwei ganz kleine Oeffnungen enthielt, um die Leitungsdrähte, durch welche der Widerstand in die Wheatestone'sche Combination eingeschaltet war, isolirt hindurchzulassen. Auch jetzt zeigten sich die nämlichen

Erscheinungen wie früher, sobald im Primärleiter die wirksamen Funken auftraten. Von einer Bestrahlung des Stanniols selbst durch die Wellen konnte bei dieser Anordnung wohl nicht die Rede sein. Es war nur in einer Weise möglich, sich den Vorgang zu erklären: die Zuleitungsdrähte mussten die Wellen auffangen und zu dem Widerstande hinleiten.

Es gelang mir, die Richtigkeit dieser Auffassung durch eine Reihe von Versuchen direct zu beweisen. Von den Enden des Stanniolgitters führte ich zwei kurze Drähte zu zwei mit Quecksilber gefüllten Näpfchen: Ein rings geschlossener Blechkasten umgab das Ganze. Sein Deckel hatte zwei kleine Oeffnungen, durch welche die weiteren Leitungsdrähte hindurchgeführt werden konnten. Dadurch, dass ich diese bis in die Quecksilbernäpfchen eintauchen liess oder sie ein wenig emporzog, konnte ich das Stanniolgitter nach Belieben in den Stromkreis ein- und ausschalten. War es eingeschaltet, so zeigten sich natürlich die nämlichen Erscheinungen wie früher, sobald ich in dem Primärleiter Schwingungen zu Stande kommen liess. Wurde es dagegen ausgeschaltet, so war dies nicht mehr der Fall. Liess ich jetzt einige Funken zwischen den Kugeln des Erregers übergehen und stellte dann den Contact zwischen den Zuleitungen und dem Quecksilber wieder her, so ergab sich, dass der Widerstand des Stanniols inzwischen keine Aenderung erfahren hatte.

Jetzt war dasselbe ja in keiner Verbindung mit einem Leiter gewesen, der von den electrischen Strahlen getroffen wurde. Ich brauchte aber bei beiderseits aufgehobenem Contact in eines der Näpfchen nur einen Draht zu tauchen, der bloss um wenige Millimeter aus dem Blechkasten hervorragte, so trat die Widerstandsänderung sofort mit dem Zustandekommen des ersten Primärfunkens wieder auf. Aus dem letzten Versuch geht schon hervor, ein wie empfindliches Beobachtungsmittel für das Vorhandensein electrischer Wellen die beschriebene Erscheinung ist. Hiervon soll weiter unten noch die Rede sein.

Es gelang jetzt auch, den Hertz'schen Gitterversuch zu reproduciren. Zu diesem Zweck schnitt ich in die dem Erreger zugekehrte Seite des Blechkastens eine quadratische Oeffnung von 3 cm Seite. So hatte ich ein Diaphragma, durch das nur ein verhältnissmässig dünnes Bündel electrischer

Strahlen hindurchtreten konnte. (Die Länge der hierbei benutzten Wellen betrug mehrere Centimeter.) Stellte ich nun das HERTZ'sche Gitter so vor die Oeffnung, dass die Richtung seiner Drähte der Schwingungsrichtung parallel war, so erhielt ich nur eine geringe Widerstandsänderung infolge der Einwirkung der Wellen; war das Gitter aber um 90° gedreht, so war die Aenderung von derselben Grösse wie ohne zwischengestelltes Gitter. Bei diesen Versuchen war natürlich jedesmal die Verbindung des Stanniolwiderstandes mit den äusseren Zuführungen in der oben beschriebenen Weise aufgehoben, bevor ich die electrische Strahlung einwirken liess. Denn die Zuleitungen konnten durch das Gitter nicht vollständig vor der Strahlung geschützt werden und hätten die Wellen daher in jedem Falle zu dem Widerstand hingeleitet. Dies ist der eine Grund, warum der Versuch bei der früheren Anordnung nicht gelang. Einen zweiten Grund sehe ich in dem Umstand, der mich veranlasste, jetzt ein Diaphragma in Anwendung zu bringen. Die schützende Wirkung eines HERTZ'schen Gitters, dessen Drähte der Schwingungsrichtung parallel gestellt sind, ist ja keine vollkommene. Mit der gewöhnlichen Funkenbeobachtungsmethode kann indessen der äusserst geringe Bruchtheil der electrischen Strahlung, der hinter das Gitter gelangt, nicht wahrgenommen werden. Hier aber macht sich sein Einfluss so stark bemerkbar, dass das Gelingen des Versuchs ohne Zuhülfenahme eines Diaphragmas vollständig vereitelt wird, und dass selbst bei dieser Anordnung noch eine geringe Widerstandsverminderung wahrzunehmen ist.

Die zuletzt genannten Thatsachen zeigen wiederum, dass die beschriebenen Erscheinungen ein überaus empfindliches Reagens für electrische Schwingungen darstellen. Dies ist noch deutlicher daraus zu ersehen, dass (bei aufgehobenen Verbindungen des Gitters mit den Zuleitungen) die Aenderung des Widerstandes unter dem Einfluss electrischer Wellen noch deutlich wahrzunehmen war bei einer Entfernung des Stanniolleiters von dem Erreger von 3 m ohne Zuhülfenahme eines secundären Hohlspiegels. Unter gleichen Verhältnissen konnten hingegen in einem Silberspiegelresonator [1]) nur noch in wenigen

1) A. RIGHI, l. c.

Centimetern Entfernung Secundärfunken wahrgenommen worden. (Die zu diesem Versuche benutzten Wellen waren 7,5 cm lang.) In noch viel grösseren Distanzen liess sich die Erscheinung beobachten, als ich die Wellen nicht, wie bei den zuletzt beschriebenen Versuchen, durch den Luftraum zu dem Widerstande hinführte, sondern längs eines Drahtes, dessen eines Ende in eins der Quecksilbernäpfchen tauchte, während das andere irgendwo in der Nähe des Erregers frei im Raume endigte.

Nach allen diesen Versuchen war es wohl nicht mehr zweifelhaft, dass man es bei den beschriebenen Phänomenen in der That mit einer Wirkung electrischer Wellen zu thun hatte. Es war aber noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen, ob hierbei der Widerstand des Stanniols selbst, oder nicht vielleicht nur der Uebergangswiderstand an den Contactstellen die Aenderung erleide. Um diese Frage zu entscheiden, scheint es ja das Einfachste zu sein, das Stanniolgitter vorerst von den Zuleitungen ganz zu befreien, hiernach der electrischen Strahlung auszusetzen und dann erst die Contacte wiederherzustellen, um nun zu untersuchen, ob sich der Widerstand inzwischen geändert habe. Auf diese Weise würde man aber doch nicht zum Ziele kommen. Denn die mechanischen Erschütterungen, die bei diesen Manipulationen unvermeidlich wären, würden ja jedenfalls eine etwa eingetretene Widerstandsänderung wieder rückgängig gemacht haben. Auf einem anderen Wege jedoch gelang es mir, die Frage zu entscheiden.

Ich verfertigte mir ein neues Stanniolgitter von derselben Art wie das erste. An seinen Enden A und B waren wie früher durch Klemmschrauben kurze Drähte befestigt, die zu mit Quecksilber gefüllten Näpfchen führten. Jetzt befestigte ich aber ausserdem in derselben Weise einen dritten Draht an einem zwischen A und B gelegenen Punkte C des Gitters, der auch wieder in einem Quecksilbernäpfchen endigte. Dadurch konnte ich entweder das ganze Gitter (G) oder einen der beiden Theile (G_1 und G_2) einzeln in den Stromkreis einschalten. Hat man es nun mit einer Aenderung des Widerstandes des Stanniols selbst zu thun, so muss die absolute Grösse der gemessenen Aenderung, wenn das ganze Gitter G eingeschaltet ist, gleich sein der Summe, der bei einzeln eingeschalteten G_1 und G_2 gemessenen Aenderungen. Dies kann

aber nicht der Fall sein, wenn sich nur die Uebergangswiderstände verringern. Denn diese sind bei jeder Art der Schaltung immer nur in gleicher Zahl vorhanden. Der Versuch, den ich übrigens mit einer Reihe anderer Gitter, die ich auch noch in mehr als nur zwei Theile zerlegte, wiederholte, ergab nun, dass das Stanniol selbst die Widerstandsänderung erleidet.

Ich will noch hervorheben, dass ich mit jedem beliebigen Stück Stanniol alle beschriebenen Erscheinungen erhalten konnte. Die Grösse der Widerstandsverminderung betrug im Maximum immer 1—3 Proc. Ferner konnte ich auch alle Versuche wiederholen, als ich zur Widerstandsmessung die Methode mit Wechselströmen und Electrodynamometer anwandte.

Viel unregelmässiger dagegen trat das Phänomen auf bei dünnem Eisen-, Platin- und Silberdraht. Immerhin habe ich aber bei einer beträchtlichen Anzahl von mehreren Centimeter langen Stücken solcher Drähte die vorher beim Stanniol beobachteten Erscheinungen wahrgenommen. Der Betrag der Widerstandsverminderung war auch hier 1—3 Proc.

Einige Stücke Kundt'scher Platinspiegel, die ich schliesslich noch untersuchte, zeigten ebenfalls eine Beeinflussung ihrer Leitfähigkeit durch electrirche Wellen; indessen bestand dieselbe hier immer in einer sehr bedeutenden Vergrösserung des Widerstandes.

Ich habe diese Untersuchungen im Monat August unterbrechen müssen, gedenke sie aber später fortzusetzen und will es mir daher versagen, jetzt schon eine bestimmte Vermuthung darüber auszusprechen, wie die beobachteten Phänomene wohl zu erklären seien. Dennoch möchte ich einige bekannte Thatsachen anführen, die vielleicht als Analoga betrachtet werden können. Selen und Tellur erleiden unter dem Einflusse von Lichtschwingungen eine Verminderung ihres Widerstandes; nach Aufhören der Strahlung behält derselbe allerdings nicht den geänderten Werth bei, sondern erreicht sofort wieder seine ursprüngliche Grösse. Ferner sind vielleicht mit meinen Versuchsergebnissen in Zusammenhang zu bringen die Widerstandsänderungen, die durch Magnetisirung hervorgerufen werden, und die von verschiedenen Forschern bei mehreren Substanzen



beobachtet worden sind, z. B. von BEETZ[1]) und W. THOMSON[2]) bei Eisen und Nickel, von BALFOUR-STEWART und SCHUSTER[3]) bei Kupfer, Blei, Coaks und Graphit, von Hrn. LENARD[4]) und Hrn. HENDERSON[5]) bei Wismuth. Zudem hat in allerjüngster Zeit Hr. KLEMENCIC[6]) gefunden, dass durch schnelle electrische Schwingungen eine deutliche Magnetisirung von Eisen- und Nickeldraht hervorgerufen wird.

Nachdem ich meine Untersuchungen bereits zum vorläufigen Abschluss gebracht hatte, ersah ich aus einer Arbeit BRANLY's[7]) vom Jahre 1890, dass dieser Forscher bei Metallfeilicht ebenfalls das Auftreten einer Widerstandsverminderung beobachtet hat, wenn in der Nähe electrische Funken erzeugt wurden. Diese Untersuchungen sind kürzlich mit Eisenfeilicht von den Hrn. LE ROYER und VAN BERCHEM[8]) fortgesetzt worden, die zu dem Resultate gelangten, dass die Erscheinung am lebhaftesten auftrat, wenn die Entladungen zu electrischen Oscillationen Veranlassung gaben. Ich möchte es vorläufig noch dahingestellt sein lassen, ob die von mir untersuchten Phänomene in jeder Beziehung auf die nämlichen Ursachen zurückzuführen sein werden, die den bei Metallfeilicht beobachteten Erscheinungen zu Grunde liegen.

Die Wellen, die ich bei meinen Untersuchungen benutzte, waren von verschiedener Länge. Oscillatorische Entladungen der Conductoren einer HOLTZ'schen Influenzmaschine gaben mir Wellen von mehreren Metern. Ferner benutzte ich solche von 7,5 cm, die ein RIGHI'scher Erreger lieferte. In den meisten Fällen arbeitete ich jedoch mit Wellen von etwa 3 cm. Einen Einfluss der Wellenlänge auf die Art der beobachteten Erscheinungen habe ich in diesem Bereiche nicht wahrnehmen können.

Die kurzen Wellen von 3 cm erzeugte ich durch eine Modification des RIGHI'schen Primärapparates, die ich nach

---

1) BEETZ, Pogg. Ann. **128**, p. 202. 1866.
2) W. THOMSON, Phil. Trans. **3**, p. 737. 1856. Inst. p. 243. 1858.
3) BALFOUR-STEWART u. SCHUSTER, Pogg. Ann. **153**, p. 205. 1874.
4) PH. LENARD, Wied. Ann. **39**, p. 619. 1890.
5) JAMES B. HENDERSON, Phil. Mag. **234**, p. 488. 1894.
6) J. KLEMENCIC, Wied. Ann. **53**, p. 707. 1894.
7) E. BRANLY, Compt. rend. **101**, p. 785. 1890.
8) A. LE ROYER et P. VAN BERCHEM, Arch. d. sc. phys. et nat. **31**, p. 558. 1894.

der Idee des verstorben Geh.-Raths Kundt construirte, und die sich wohl durch grössere Stabilität und bequemere Handhabung vor der Righi'schen Anordnung auszeichnet. Zwei Messingkugeln von 6 mm Durchmesser waren in zwei Glasröhren von 12 cm Länge an deren Enden eingekittet. Dicht vor den Kugeln waren die Röhren rechtwinklig umgebogen. Sie wurden von einem gewöhnlichen Funkenmikrometer getragen, von dem nur die Metallkugeln abgenommen waren. An deren Stelle waren zwei Ebonitstücke befestigt, die mittelst Klemmschrauben die Röhren hielten. Diese befanden sich in verticaler Stellung, und die Messingkugeln standen sich horizontal gegenüber. Es konnte daher die Entfernung dieser Kugeln voneinander mikrometrisch verstellt werden. In die an ihren anderen Enden offenen Röhren wurden zwei vorn abgerundete Messingdrähte von 3 mm Dicke hineingesteckt, die durch Kautschukhülsen gehalten wurden und mit den Conductoren einer Holtz'schen Influenzmaschine oder eines Inductoriums [1]) in leitender Verbindung waren. Die Röhren tauchten schliesslich in ein mit Vaselinöl gefülltes parallelepipedisches Glasgefäss. Es bildeten sich nun drei Funkenstrecken, von denen sich die beiden äusseren innerhalb der Glassröhren in Luft befanden, während sich die mittlere im Oel bildete. Bei geeigneten Längen dieser Funkenstrecken kamen nur zwischen den beiden Kugeln Wellen zu Stande, von deren Anwesenheit man sich durch Beobachtung von Secundärfunken in einem Righi'schen Resonator von 1,5 cm Länge überzeugen konnte. Die Längen der äusseren Funken können innerhalb verhältnissmässig weiter Grenzen variiren, ohne das Zustandekommen der Wellen zu beeinträchtigen. Es reicht daher die rohe Einstellung derselben durch weiteres Herausziehen oder Hineinschieben der Messingdrähte in die Röhren vollkommen aus. Anders dagegen bei der mittleren Funkenstrecke; diese darf nur innerhalb sehr enger Grenzen sich ändern, und daher ist es vortheilhaft, dass man sie wie bei dieser Anordnung bequem mikrometrisch genau verstellen kann.

---

1) Im Gegensatz zu Righi's Angaben (l. c.) habe ich Influenzmaschine oder Inductorium mit gleichem Erfolge als Energiequelle benutzen können.



Mit Hülfe des eben beschriebenen Apparates ist es mir übrigens auch gelungen, durch Anwendung von Messingkugeln von 3 mm Durchmesser electrische Schwingungen zu erhalten, die ich durch Secundärfunken in einem geradlinigen Resonator von 6 mm Länge beobachten konnte. Dies entspricht einer ganzen Wellenlänge von etwa 12 mm.

Hr. **Th. Gross** theilte darauf

Weitere Versuche über die Electrolyse des Silbersulfates

mit (vgl. diese Verhandlungen vom 16. März 1894 und Electrochem. Zeitschr. 1894 Nr. 5). Die Drucklegung des Vortrages wird nach demnächst beabsichtigter Fortsetzung desselben erfolgen.

Nachtrag zum Bericht über die Sitzung vom 4. Mai 1894.

Der Kassenführer erstattete Bericht über die Einnahmen und Ausgaben des abgelaufenen Geschäftsjahres und erhielt dafür Entlastung. Er legte dann die Voranschläge für das neue Geschäftsjahr vor, welche die Genehmigung der Versammlung fanden. Nach der darauf statutengemäss vorgenommenen Neuwahl des Vorstandes setzte sich der letztere nunmehr in folgender Weise zusammen:

E. du Bois-Reymond, Ehren-Vorsitzender.
H. v. Helmholtz, Vorsitzender.
A. Kundt, 1. stellv. Vorsitzender.
W. v. Bezold, 2. stellv. Vorsitzender.
M. Planck, Kassenführer.
W. Brix, Revisor.
E. Lampe, Revisor.
B. Schwalbe, 1. Schriftführer.
A. König, 2. Schriftführer.
R. Assmann, 3. Schriftführer.
R. Börnstein, 4. Schriftführer.
H. Rubens, Bibliothekar.
E. Blasius, stellv. Bibliothekar.

Mitgliederliste.

Im Jahre 1894 wurden in die Gesellschaft aufgenommen die Herren:
Dr. F. S. Archenhold, Dr. C. Brodmann, Dr. A. Mahlke,
Dr. W. Kaufmann und Dr. L. Levy.

Dagegen verlor die Gesellschaft durch Tod:
Prof. Dr. H. v. Helmholtz, Prof. Dr. H. Hertz, Prof. Dr. A. Kundt,
Prof. Dr. N. Pringsheim, Dr. F. Schulze-Berge und Prof. Dr A. Schumann.

Ihren Austritt aus der Gesellschaft erklärten die Herren:
Dr. G. Lachmann, Prof. Dr. A. Leman und Dr. F. M. Stapff.

Am Ende des Jahres 1894 waren Mitglieder der Gesellschaft:

Hr. Prof. Dr. Adami in Bayreuth.
— Prof. K. Ångström in Stockholm, Stockholm's Högskola.
— Dr. F. S. Archenhold, Grunewald, Sternwarte.
— Prof. Dr. H. Aron*), W., Lichtensteinallee 3a.
— Dr. L. Arons, SW., Königgrätzerstrasse 109.
— Prof. Dr. R. Assmann, Grünau, Victoriastrasse 6.
— Dr. E. van Aubel in Brüssel, Rue royale 3.
— Prof. Dr. Avenarius in Kiew.
— O. Baschin, W., Schinkelplatz 6.
— Dr. Becker in Darmstadt.
— Dr. W. Bein, W., Schaperstr. 36.
— P. Benoit, SW., Wartenburgstrasse 23.
— A. Berberich, SW., Lindenstr. 91.
— Dr. A. Berliner, Amerika.
— Dr. G. Berthold in Ronsdorf.
— Prof. Dr. W. v. Bezold, W., Lützowstrasse 72.
— Dr. E. Blasius, NW., Reichstagsufer 7/8.
— A. Blümel, SO., Melchiorstr. 22.
— Prof. Dr. R. Börnstein, Wilmersdorf, Lieckstrasse 10.
— Dr. H. Böttger, NW., Lessingstrasse 10.
— Dr. H. E. J. G. du Bois, NW., Schiffbauerdamm 21.
— A. du Bois-Reymond in Westend bei Berlin, Ahorn-Allee 42.
— Prof. Dr. E. du Bois-Reymond, NW., Neue Wilhelmstrasse 15.
— Prof. Dr. L. Boltzmann in Wien.
— Prof. Dr. F. Braun in Tübingen.
— Prof. Dr. A. Brill in Tübingen.
— Dr. W. Brix in Charlottenburg. Berliner Strasse 13/14.
— Dr. W. Brix jun., SW., Schützenstrasse 3.

Hr. Dr. E. Brodhun, Col. Grunewald, Hubertusbaderstr. 22.
— Dr. C. Brodmann, NW., Claudiusstr. 17.
— Telegraphendirector Brunner in Wien.
— Prof. Dr. Bruns in Leipzig.
— Prof. Dr. E. Budde, NW., Klopstockstrasse 53.
— Prof. Dr. F. Burckhardt in Basel.
— Dr. R. Burg, NW., Mittelstr. 3.
— Dr. M. Busolt, W., Steglitzerstrasse 55.
— Dr. F. Caspary, W., Genthinerstrasse 42.
— Prof. Dr. E. B. Christoffel in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. O. Chwolson in St.-Petersburg.
— Dr. Dehms in Potsdam.
— Prof. Dr. C. Dieterici in Hannover.
— Prof. Dr. Dietrich in Stuttgart.
— Dr. P. Drude in Leipzig.
— Dr. E. v. Drygalski, W., Steglitzerstrasse 39.
— Dr. A. Ebeling, W., Winterfeldtstrasse 30b.
— Prof. Dr. E. O. Erdmann, SW., Hafenplatz 7.
— F. Ernecke, SW., Königgrätzerstrasse 112.
— Dr. M. Eschenhagen in Potsdam, Magnetisches Observatorium.
— Dr. C. Färber, SO., Elisabethufer 41.
— Dr. K. Feussner in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Fick in Würzburg.
— Prof. Dr. R. Finkener, W., Burggrafenstrasse 2a.
— Dr. K. Fischer, N., Swinemünderstrasse 138a.
— Dr. A. Franke, NW., Bachstrasse 4.

*) Berlin ist in dem Verzeichniss weggelassen.

Hr. Dr. G. Freund, NW., Unter den Linden 69.
— Dr. O. Frölich, Westend bei Berlin, Kastanien-Allee 2.
— Prof. Dr. Fromme in Giessen.
— Prof. Dr. L. Fuchs, NW., Kronprinzenufer 24.
— R. Fuess in Steglitz, Düntherstrasse 8.
— Prof. Dr. J. Gad, SW., Grossbeerenstrasse 67.
— Dr. H. Gerstmann, Charlottenburg, Uhlandstrasse 178.
— Dr. W. Giese, W., Bülowstr. 80.
— Prof. Dr. P. Glan, NW., Klopstockstrasse 65.
— Prof. Dr. E. Goldstein, SW., Königgrätzerstrasse 92.
— Prof. Dr. D. Goldhammer in Kasan.
— Prof. Dr. L. Grätz in München, Arcisstrasse 8.
— Dr. Th. Gross, W., Bayreutherstrasse 18.
— Prof. Dr. P. Groth in München.
— Prof. Dr. Grotrian in Aachen.
— Prof. Dr. L. Grunmach, W., Kurfürstenstrasse 109 a.
— Prof. Dr. G. Gruss in Prag, Böhmische Sternwarte.
— Prof. Dr. S. Günther in München.
— Dr. E. Gumlich in Charlottenburg, Grolmannstrasse 11.
— H. Hänsch, S., Stallschreiberstr. 4.
— Dr. E. Häntzschel, W., Eisenacherstrasse 11.
— Prof. Dr. E. Hagen, W., Bayreutherstrasse 16.
— Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff in Basel.
— H. Hahn, NW., Melanchthonstrasse 12.
— Prof. Dr. M. Hamburger, NW., Karlstrasse 28.
— Prof. Dr. Hammerl in Innsbruck.
— G. Hansemann, W., Maassenst. 29.
— Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstrasse 6.
— Dr. B. Hecht in Königsberg i. Pr.
— F. v. Hefner-Alteneck, W., Hildebrand'sche Privatstrasse 9.
— Prof. Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstrasse 2/3.
— Prof. Dr. K. Hensel, W., Kurfürstendamm 116.
— Dr. A. Heydweiller in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. J. Hirschwald in Charlottenburg, Hardenbergstrasse 9.

Hr. Dr. H. Hohnhorst, SW., Belleallianceestrasse 80.
— Dr. L. Holborn, Charlottenburg, Schlossstrasse 3.
— Dr. K. Hollefreund, S., Alexandrinenstrasse 36.
— Prof. Dr. R. Hoppe, S., Prinzenstrasse 69.
— Dr. W. Howe in Westend bei Berlin, Kastanienallee 4.
— Prof. Dr. Hutt in Bernburg.
— Dr. W. Jaeger in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 65.
— Dr. Jagor, SW., Enkeplatz 4.
— Dr. H. Jahn, NW., Hindersinstrasse 1.
— Dr. E. Jahnke, N., Wörtherstrasse 6.
— Dr. S. Kalischer, W., Lutherstrasse 51.
— Prof. Dr. G. Karsten in Kiel.
— Dr. C. Kassner, W., Schönebergerstrasse 23.
— Dr. W. Kaufmann, W., Magdeburgerstrasse 20.
— Prof. Dr. H. Kayser in Bonn.
— Prof. Dr. E. Ketteler in Münster i. W.
— Prof. Dr. J. Kiessling in Hamburg.
— Dr. L. Klecki in Krakau, Wielopola 1.
— Prof. Dr. F. Klein in Göttingen.
— Prof. Dr. H. Knoblauch in Halle
— Dr. E. Koebke, W., Dennewitzstrasse 17.
— Prof. Dr. A. König, NW., Flemmingstrasse 1.
— Prof. Dr. W. König in Frankfurt a. M., Adlerflychstrasse 11.
— Dr. A. Köpsel, S., Kommandantenstrasse 46.
— Dr. F. Kötter, S., Annenstr. 1.
— Prof. Dr. M. Koppe, O., Königsbergerstrasse 16.
— Prof. Dr. F. Kohlrausch in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. W. Kohlrausch in Hannover.
— Prof. Dr. G. Krech, S., Brandenburgstrasse 34.
— Dr. V. Kremser, NW., Spenerst. 9.
— Dr. O. Krigar-Menzel, W., Kaiserin Augustastr. 75/76.
— Prof. Dr. H. Kronecker in Bern.
— Dr. F. Kurlbaum in Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Prof. Dr. E. Lampe, W., Kurfürstenstrasse 139.
— Prof. Dr. H. Landolt, W., Königgrätzerstrasse 123 b.

Hr. Prof. Dr. C. Lange, W., Kleiststrasse 4.
— Dr. J. Lange, SW., Möckernstrasse 85.
— Dr. E. Less, NW., Albrechtstrasse 17.
— Dr. L. Levy, W., Blumenthalstrasse 17.
— Prof. Dr. Liebisch in Göttingen.
— Prof. Dr. O. Liebreich, W., Margarethenstrasse 7.
— Dr. St. Lindeck in Charlottenburg, Göthestrasse 68.
— Dr. E. Loew, SW., Grossbeerenstrasse 1.
— Prof. Dr. E. Lommel in München, Kaiserstrasse 10.
— Prof. Dr. H. A. Lorentz in Leyden.
— Prof. Dr. C. Ludwig in Leipzig.
— Dr. G. Lübeck, N., Prenzlauer Allee 2.
— Prof. Dr. O. Lummer in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 72.
— Dr. A. Mahlke, Charlottenburg, Kirchplatz 4.
— Dr. G. Melander in Helsingfors.
— Dr. B. Meth, W., Eisenacherstrasse 11.
— Dr. Ernst Meyer, SW., Möckernstrasse 121.
— Dr. G. Meyer in Freiburg i. B., Colombistr. 12.
— Dr. H. Meyer, W., Blumenthalstrasse 17.
— Prof. Dr. O. E. Meyer in Breslau.
— Dr. W. Meyer, W., Kurfürstenstrasse 101.
— Dr. C. Michaelis in Potsdam, Schützenplatz 1a.
— Dr. P. Micke, W., Kleiststr. 15.
— Dr. James Moser in Wien.
— Dr. R. Müller, W., Wilhelmstrasse 40a.
— Dr. W. Müller-Erzbach in Bremen.
— Prof. Dr. A. Müttrich in Eberswalde.
— Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstrasse 4.
— Dr. R. Nahrwold, SW., Planufer 31.
— Prof. Dr. F. Neesen, W., Zietenstrasse 6c.
— Prof. Dr. W. Nernst in Göttingen, Hertzb. Chaussee 13.
— Prof. Neubert in Dresden.
— Prof. Dr. C. Neumann in Leipzig.
— Prof. Dr. A. Oberbeck in Greifswald, Bahnhofstr. 41.

Hr. Prof. Dr. A. v. Oettingen in Leipzig.
— Prof. Dr. Paalzow, W., Wilhelmstrasse 50.
— Prof. Dr. J. Pernet in Zürich-Hottingen.
— Prof. Dr. F. Petri, SO., Köpenickerstrasse 22a.
— Prof. Dr. L. Pfaundler in Graz.
— Dr. J. Picker, Bensberg.
— Prof. Raoul Pictet, C., Neue Promenade 3.
— Prof. Dr. M. Planck, W., Tauenzienstrasse 18a.
— Prof. Dr. L. Pochhammer in Kiel.
— Dr. F. Pockels in Göttingen, Bühlstr. 36.
— Dr. F. Poske, SW., Hallesche Strasse 21.
— Prof. Dr. W. Preyer in Wiesbaden.
— Dr. E. Pringsheim, NW., Kronprinzenufer 25.
— Dr. M. Prytz in Kopenhagen, Falkonergaardsvej 12.
— Prof. Dr. G. Quincke in Heidelberg.
— Dr. R. Radau in Paris.
— Dr. A. Raps, SW., Johanniterstrasse 18.
— Prof. Dr. Recknagel in Augsburg.
— Prof. Dr. O. Reichel in Charlottenburg, Knesebeckstr. 91.
— Dr. W. Reiss, W., Kurfürstenstrasse 98.
— Renisch in Essen.
— Dr. F. Richarz in Endenich bei Bonn.
— Dr. E. Richter, Charlottenburg, Kantstrasse 52.
— Prof. Dr. E. Riecke in Göttingen.
— Dr. R. Ritter, NW., Herwarthstrasse 3a.
— Dr. M. v. Rohr, W., Motzstr. 75.
— Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlstrasse 24.
— Prof. Dr. J. Rosenthal in Erlangen.
— Director Dr. F. Roth in Leipzig.
— Dr. H. Rubens, W., Tauenzienstrasse 10.
— Prof. Dr. Fr. Rüdorff in Charlottenburg, Marchstrasse 7e.
— Prof. Dr. Rühlmann in Chemnitz.
— Prof. Dr. C. Runge in Hannover.
— Prof. Dr. Saalschütz in Königsberg in Pr.
— Prof. Dr. P. Schafheitlin in Charlottenburg, Joachimsthalerstr. 1.

Hr. Dr. K. Scheel in Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Dr. J. Scheiner in Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. R. Schelske, NW., Beethovenstrasse 3.
— Dr. V. Schemmel, SW., Blüchertrasse 15.
— Dr. Schenk, N., Strassburgerstr. 2.
— Prof. Dr. K. Schering in Darmstadt.
— M. Schlegel, W., Bellevuestr. 15.
— Dr. Schönach in Innsbruck.
— Dr. O. Schönrock, NW., Sigismundshof 5.
— Prof. Dr. J. Scholz, S. Hasenh. 54.
— Dr. P. Scholz in Steglitz.
— F. Schotte, SW., Grossbeerenstrasse 27 a.
— Dr. P. Schottländer in Charlottenburg, Göthestrasse 87.
— Dr. Schülke in Osterode in O./Pr.
— Prof. Dr. B. Schwalbe, NW., Georgenstrasse 30/31.
— Dr. G. Schwalbe, NW., Georgenstrase 30/31.
— R. Seebold, W. Landgrafenstr. 16.
— Dr. Sell in Charlottenburg, Schlüterstrasse 73.
— Dr. G. Sieben in Gross-Lichterfelde.
— Wil. v. Siemens, W., Thiergartenstrasse 10.
— Prof. Dr. P. Silow in Warschau.
— Dr. W. Sklarek, W., Lützowstrasse 63.
— Prof. Dr. A. Slaby in Charlottenburg, Sophienstrasse 4.
— Dr. P. Spies, Charlottenburg, Uhlandstrasse 118.
— Prof. Dr. G. Spörer in Potsdam, Neue Königstrasse 17 b.
— Prof. Dr. A. Sprung in Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Dr. Steiner in Erlangen.
— Dr. K. Strecker, Gross-Lichterfelde, Promenadenstrasse 9.
— Prof. Dr. V. Strouhal in Prag, Clementinum.
— Dr. R. Süring in Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Dr. Theurer in Prag.
— Dr. B. Thierbach in Charlottenburg, Bismarkstrasse 115.
— Prof. Dr. M. Thiesen in Friedrichshagen, Ahornallee 10.

Hr. Dr. B. v. Tietzen-Hennig, Westend, Kastanienallee 4.
— Prof. H. Thurein, N., Chausseestrasse 40.
— Dr. Fr. Vettin, SW., Bernburgerstrasse 24.
— Prof. Dr. R. Virchow, W., Schellingstrasse 10.
— Prof. Dr. H. C. Vogel in Potsdam, Astrophysikal. Observat.
— Prof. Dr. H. W. Vogel, Grunewald-Colonie, Schinkelstr. 4.
— Prof. Dr. P. Volkmann in Königsberg i. Pr.
— Dr. R. Wachsmuth, Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Dr. E. Wagner in Breslau.
— Prof. Dr. A. Wangerin in Halle a. S., Burgstrasse 27.
— Prof. Dr. E. Warburg in Freiburg i. Br.
— Dr. C. L. Weber, SW., Yorkstrasse 9.
— Prof. Dr. H. F. Weber in Zürich.
— Prof. Dr. L. Weber in Kiel.
— Dr. W. Wedding, W., Lützowplatz 10.
— Prof. Dr. K. Weierstrass, W., Friedrich Wilhelmstrasse 14.
— Prof. Dr. J. Weingarten, W., Regentenstrasse 14.
— Dr. B. Weinstein, S., Urbanstr. 1.
— Dr. C. Weltzien in Zehlendorf.
— Dr. K. Wesendonck, W., Wilhelmstrasse 66.
— F. Wiebe, Charlottenburg, Leibnitzstrasse 78 A.
— Dr. E. Wiechert in Königsberg i. Pr.
— Prof. Dr. G. Wiedemann in Leipzig, Thalstrasse 35.
— Prof. Dr. E. Wiedemann in Erlangen.
— Dr. M. Wien in Würzburg.
— Dr. W. Wien in Westend bei Berlin, Rüsternallee 8.
— Prof. Dr. O. Wiener in Aachen.
— Dr. J. Wilsing in Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. W. Wolff in Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. J. Worpitzky, N., Krausnikstrasse 19.
— Prof. Dr. A. Wüllner in Aachen.
— R. Wurtzel, NW., Luisenstr. 62.
— Prof. Dr. W. v. Zahn in Leipzig.

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

im Jahre 1895.

Vierzehnter Jahrgang.

Herausgegeben

von

Arthur König.



Leipzig, 1895.

Verlag von Johann Ambrosius Barth.

(Arthur Meiner.)

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhaltsverzeichniss *).

*) Ueber die mit einem * versehenen Vorträge ist kein Referat gegeben.

Jahrg. 14. Nr. 1.

Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 11. Januar 1895.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **M. Altschul** (als Gast) sprach

Ueber die kritische Temperatur als Kriterium der chemischen Reinheit

und machte im Anschluss daran

einige weitere Mittheilungen aus dem Institut Raoul Pictet.

Es ist Ihnen, meine Herren, wohl bekannt, dass schon vor längerer Zeit Hr. Prof. Raoul Pictet aus Genf in Berlin ein Laboratorium für wissenschaftliche und technische Versuche mit der von ihm erfundenen Kältemaschine begründet hat. Es ist dieselbe Maschine, durch welche es ihm im Jahre 1877 gelang, die bis dahin nur als Gase bekannten Elemente Sauerstoff und Wasserstoff in den flüssigen Zustand überzuführen. Im Jahre 1891 hat Hr. Prof. Pictet selbst vor Ihrem hochgeschätzten Kreise über die Einrichtung seines Laboratoriums berichtet, ich werde daher auf diesen Punkt nicht näher eingehen, erlaube mir nur den Grundgedanken dieser Erfindung, durch welche wir eine wesentlich neue Auffassung der Beziehung zwischen dem Gas- und Flüssigkeitszustande gewonnen haben, in Erinnerung zu bringen.

Das Princip der Kälteerzeugung beruht auch in der Kältemaschine Pictet auf dem Verbrauch von Wärme bei dem Verdunsten von Flüssigkeiten. Der Weg, welchen Pictet zur Erreichung der äusserst niedrigen Temperatur benutzt, ist ein stufenartiger; er erzeugt gewissermassen auf verschiedenen Etappen immer niedrigere Temperaturen. Die Scala der erreichten Kältegrade, d. h. der Unterschied zwischen der herrschenden und der bisher erzeugten äusserst tiefen Temperatur

ist in drei Abschnitte getheilt, deren jedem eine besondere Maschinenanlage entspricht; wir arbeiten also in drei Cyklen.

Der erste Cyklus arbeitet vermittelst der Verdampfung der „Flüssigkeit Pictet" — einer Mischung von schwefliger Säure und Kohlensäure. Die Flüssigkeit wird durch eine Dampfmaschine in einen Verdampfungsraum gepumpt; zu gleicher Zeit werden durch dieselbe Maschine die Dämpfe abgezogen, wodurch die Temperatur bis auf -90^0 erniedrigt werden kann. Die abgezogenen Dämpfe werden in einem Condensator unter einem Drucke von 2 Atm. von neuem verflüssigt und dem Verdampfungscylinder wieder zugeführt. Der ganze Kreislauf ist also geschlossen und arbeitet ohne merklichen Verlust. Innerhalb des Verdampfungscylinders befindet sich ein cylinderförmiger Kühlraum, in dem die Körper, die man der Kälte aussetzen will, hineingebracht werden.

Nach ganz denselben Grundsätzen wird in dem zweiten Cyklus verfahren, in welchem wir verflüssigtes Stickoxydul (N_2O) verdampfen lassen. Es ist dies das Gas, das unter dem Namen Lachgas in der kleinen Chirurgie angewendet wird; es wird aus einem Gasometer durch Röhren geleitet, die mittelst des ersten Cyklus schon bis auf -80^0 vorgekühlt sind. Bei dieser Temperatur und bei einem Drucke von 10—12 Atm. wird Stickoxydul verflüssigt und in den Refrigrator geleitet. In diesem wird es ganz analog der „Flüssigkeit Pictet" im ersten Cyklus durch eine Luftpumpe wieder verdampft, wodurch die Temperatur bis -140^0 fällt. Die Gase werden wieder in den Gasometer geleitet, sodass auch hier durch den Kreislauf keine Verluste entstehen.

Im dritten Cyklus arbeiten wir mit verflüssigter Luft; die Luft wird durch den zweiten Cyklus bis auf -140^0 vorgekühlt und durch eine Handdruckpumpe bei 200 Atm. verflüssigt. In einem stahlblauen Strahl sehen wir die verflüssigte Luft aus dem Stahlcylinder austreten, und indem sie im Freien verdampft, erniedrigt sich die Temperatur bis auf -213^0. In Paris richtet augenblicklich Prof. Pictet ein Laboratorium ein, in welchem auch dieser dritte Cyklus mit Dampfmaschinen getrieben wird; die verflüssigte Luft wird im Vacuum abgedampft werden. Wir hoffen uns dann dem absoluten Nullpunkte noch um einige Grade zu nähern.



Mit grosser Bequemlichkeit kann man auf diese Weise Beobachtungen bei den tiefsten Temperaturen anstellen. Im Laufe der Zeit haben sich die Versuche im Institut Raoul Pictet auf eine ganze Reihe verschiedener Gebiete ausgedehnt und ein weites Feld von neuen Erscheinungen hat sich erschlossen. Diese Versuche, welche nach wissenschaftlicher wie auch industrieller Richtung ausgeführt werden, sind von besonderem Interesse, da bei diesen Untersuchungen fortwährend neue unerwartete Erscheinungen auftreten.

Es sind Ihnen, meine Herren, wohl die Versuche Pictets bekannt, welche gezeigt haben, dass

> chemische Reactionen, die bei gewöhnlicher Temperatur stattfinden, ihren Dienst bei tiefen Temperaturen versagen, und dass Körper mit grösster Wahlverwandtschaft bei hoher Kälte im innigsten Contact bleiben, ohne sich zu vereinigen.

Ich brauche nur an das Metall Natrium zu erinnern. Dies Metall reagirt bekanntlich sehr heftig bei gewöhnlicher Temperatur mit Wasser und noch viel stärker mit wässerigen Lösungen von Säuren. Kühlt man aber das Natrium bis auf -80^{0} ab, so bleibt es ruhig und unbeweglich in Salzsäure liegen, die ebenfalls auf diese Temperatur erniedrigt worden ist. Marmor und alle Metalle Zink, Kupfer, Zinn, Eisen etc. verhalten sich ebenso passiv gegen Säuren, wenn ihre Temperatur auf eine bestimmte Tiefe gebracht ist.

Mischt man bei gewöhnlicher Temperatur Silbernitrat mit Salzsäure, so bildet sich momentan Chlorsilber. Dieser Process kommt bei -125^{0} unter Null nicht zu Stande, erst bei -80^{0} wird die Chlorsilberbildung vollendet.

In der letzten Zeit haben wir einige weitere Versuche in dieser Richtung ausgeführt:

Stickstoffoxyd (NO) ist bekanntlich ein farbloses Gas. Seine bemerkenswertheste Eigenschaft ist die, dass es sich in Berührung mit Luft direct mit Sauerstoff verbindet. Der Vorgang ist mit Wärmeentwickelung verbunden und es entsteht je nach Umständen Stickstofftrioxyd oder Stickstoffperoxyd nach den Gleichungen:

$$2NO + O = N_2O_3$$
$$2NO + O_2 = 2NO_2.$$

Die entstehenden Verbindungen haben eine rothbraune Farbe, sodass die Bildung derselben leicht zu bemerken ist.

Um zu sehen, wie sich das Stickstoffoxyd in Berührung mit Luft bei sehr tiefen Temperaturen verhalten wird, stellten wir folgenden Versuch an.

Wir stellten Stickstoffoxyd dar, indem wir Salpetersäure auf Kupfer einwirken liessen. Bei dieser Reaction entsteht hauptsächlich Stickstoffoxyd nach den folgenden Gleichungen:

$$Cu + 2HNO_3 = Cu(NO_3)_2 + 2H$$

$$2HNO_3 + 6H = 4H_2O + 2NO.$$

Das entstehende Stickstoffoxyd liessen wir durch kleine Kugeln durchgehen, und nachdem die braunen Dämpfe verschwunden und die Kugeln mit farblosem Stickstoffoxyd gefüllt waren, schmolzen wir dieselben zu; diese Kugeln gaben wir in ein Gefriergefäss, in dem sich ein Thermometer und ein Glasstab befanden. Der ganze Apparat wurde in den Kälteraum gestellt, bis -80^0 abgekühlt und darauf mit dem Glasstabe die Kugel zerschlagen. Es trat eine Reaction ein, welche sich durch eine schwache rothbraune Färbung bemerken liess; doch trat dieselbe viel schwächer auf, als wenn man die Kugeln bei gewöhnlicher Temperatur zerschlägt.

Derselbe Versuch wurde bei -120^0 wiederholt, und beim Zerschlagen der Kugeln trat keine Reaction auf. Der Inhalt des Gefriergefässes blieb farblos, nur oben am Rande des Gefässes, wo die Dämpfe mit der wärmeren Luft in Berührung kamen, war eine schwach röthliche Färbung bemerkbar.

Einen ähnlichen Versuch haben wir mit Chlorknallgas ausgeführt. Wenn man Wasserstoff und Chlor im Dunkeln zusammenbringt, so findet bekanntlich keine Einwirkung statt, so lange man das Gasgemisch auch stehen lässt. Wenn man aber das Gemisch einen Augenblick dem directen Sonnenlicht oder einem Magnesiumlicht aussetzt, so tritt eine Explosion mit starken Knall ein und dies ist das Zeichen, dass sich die beiden Gase mit einander vereinigt haben.

Um zu sehen, wie sich Chlorknallgas in der Kälte verhält, haben wir dasselbe electrolytisch dargestellt, weil das durch Electrolyse der Salzsäure gewonnene Chlorknallgas gegen Lichtstrahlen empfindlicher ist, als das durch Mischen der



einzelnen Gase erzeugte. Auch haben wir das Gas nicht getrocknet, weil es auch dadurch viel von seiner Lichtempfindlichkeit verlieren würde.

Mit der auf diese Weise dargestellten Mischung von Wasserstoff und Chlor haben wir einzelne kleine Kugeln gefüllt und dieselben zugeschmolzen; die Kugeln bis -80^0 abgekühlt und mit einem Magnesiumlicht beleuchtet. Es trat keine Explosion ein.

Es ergab sich nachher, dass schon die Temperatur von -25^0 genügt, um die Wirkung der Lichtstrahlen abzuschwächen, es tritt bei derselben keine Reaction ein.

Wir werden diese Versuche mit einem Bunsenschen Actinometer fortsetzen, um den Einfluss der Temperatur auf die Geschwindigkeit der Umwandlung des Chlorknallgases quantitativ messen zu können.

Weitere Versuche in dieser Richtung haben wir mit schwefeliger Säure (SO_2) und Chlor angestellt. Es zeigte sich, dass die bleichende Wirkung dieser Gase bei einer niedrigen Temperatur von -60^0 ganz aufhört. Diese Versuche sind indess noch nicht abgeschlossen, ich werde mich daher über dieselben nicht weiter verbreiten.

Die Thatsachen, die wir hier angeführt haben, geben einen Beweis für die Richtigkeit des Satzes, welchen Pictet vor einiger Zeit aufgestellt hat, nämlich, dass

> „chemische Körper auf eine gewisse Tiefe der Temperatur abgekühlt, nicht auf einander wirken werden und sich nicht vereinigen, mag die Wahlverwandtschaft, die zwischen ihnen besteht, noch so gross sein.“

Allerdings müssen noch eine ganze Reihe von Erscheinungen bei tiefer Temperatur untersucht werden, um die Gültigkeit dieses Gesetzes zu bestätigen; die angeführten Thatsachen aber, wie auch eine ganze Reihe von anderen Beobachtungen im Institute Raoul Pictet bestätigen die Richtigkeit dieses Satzes und gestatten uns zugleich denselben als leitenden Faden auf manchem Gebiete zu gebrauchen.

So kann dieser Satz uns vielleicht etwas über das Wesen der Phosphorescenz aufklären. Die Erscheinung der Phosphorescenz äussert sich bekanntlich darin, dass bestimmte Körper, wie z. B. Schwefelcalcium, Schwefelbarium etc., nachdem sie einige Zeit dem Sonnenlichte ausgesetzt waren, im Dunkeln leuchten.

Das Wesen der Phosphorescenz ist bis jetzt noch unerklärlich gewesen. RADZISZEWSKI hat gezeigt[1]), dass das Leuchten gewisser niederer Thiere durch chemische Modificationen hervorgerufen wird; die Phosphorescenz bestimmter Stoffe, wie die der Sulfide von Barium, Strontium und Calcium, die durch Bestrahlung hervorgerufen wird, auf eine chemische Reaction zurückzuführen, ist zwar möglich, auch von Prof. WIEDEMANN angenommen[2]), aber bis jetzt noch nicht erwiesen worden.

Um zu sehen, wie sich diese Erscheinung bei sehr tiefer Temperatur verhält, haben wir einige Glasröhrchen, in welchen die Sulfide von Calcium, Strontium und Barium eingeschmolzen waren und welche in hohem Grade diese charakteristische Eigenschaft besitzen, dem Sonnenlichte ausgesetzt und in einen doppelwandigen mit flüssigem Stickstoffoxydul (N_2O) gefüllten Cylinder eingesetzt. Durch Abdampfung des Stickstoffoxyduls vermittelst Vacuum haben wir eine Temperatur von -140^0 erhalten.

Die Röhrchen nahmen rasch die Temperatur der Umgebung an und erreichten in 4—5 Minuten die Temperatur von -100^0; nachdem sie 12 Minuten lang im Kälteraum waren, nahmen wir sie heraus und brachten dieselben schnell in den Dunkelraum.

Im ersten Augenblicke war keine Spur von Phosphorescenz zu beobachten; nach einem Momente konnte man die obere Stelle des Röhrchens, welches nicht so abgekühlt war, schwach leuchtend unterscheiden. Allmählich dehnte sich dies schwache Erglühen von oben bis unten aus; der untere Theil des Röhrchens leuchtete aber viel schwächer als der obere. Nach 5 Minuten nahmen die Röhrchen ihre gewöhnliche, lebhafte Farbe an, ohne dass man sie nochmals dem Sonnenlichte oder dem zerstreuten Tageslichte ausgesetzt hatte.

Dieses Resultat ergab sich bei den verschiedenen Röhrchen und allen anderen phosphorescirenden Körpern.

Ueber diese Versuche haben wir ausführlich an anderer Stelle berichtet.[3]) Ich will nur hier hinzufügen, dass schon

1) RADZISZEWSKI, Berichte der deutschen chem. Ges. **10.** p. 70. 1877; Lieb. Ann. **203.** p. 305. 1880.

2) WIEDEMANN, Wied. Ann. **37.** p. 224.

3) Compt. rend. **119.** p. 52 und Zeitschr. f. phys. Chem. XV. 3.



Becquerel in seiner Arbeit „Ueber die Phosphorescenzerscheinungen“[1]) über den Einfluss der Temperatur von -20^0 bis $+200^0$ auf die Farbe der Phosphorescenz mitgetheilt hat; aus seiner Abhandlung ergiebt sich, dass die Farbe mit der Temperatur, welche die Substanz während der Insolation besitzt, sich ändert. In folgender Tabelle sind die Farben bei verschiedenen Temperaturen angegeben.

Temp. der phosphoresc. Körper	Das ausgestrahlte Licht ist
$-\ 20^0$	Dunkelviolett
$+\ 20^0$	Violett
$+\ 40^0$	Hellblau
$+\ 70^0$	Bläulichgrün
$+\ 100^0$	Grünlichgelb
$+\ 200^0$	Rothgelb

Wir haben anfangs angenommen, dass die Erscheinungen der Phosphorescenz auf gewissen Molecularschwingungen der Körper beruhen. Durch Abkühlung verringert man nach und nach die Wärmeschwingungen und in gleichem Masse ist eine Abnahme der Lichtwellen bemerkbar bis zum gänzlichen Verschwinden der Phosphorescenz. Wenn man aber in Betracht zieht, dass alle chemischen Erscheinungen in der Kälte verschwinden, so gewinnt die Annahme von Wiedemann an Wahrscheinlichkeit, und es ist wohl möglich, dass „das auffallende Licht chemische Modificationen in dem phosphorescirenden Körper hervorruft, die nachher wieder im umgekehrten Sinne durchlaufen und dabei eine Lichtentwickelung hervorrufen. Die Verbindungen von Calciumsulfid, Strontiumsulfid etc. können wahrscheinlich in zwei Modificationen, einer stabilen A und einer labilen B, bestehen. Die Modification A wird durch Absorption gewisser Strahlen in die Modification B verwandelt, welche allmählich unter Lichtentwickelung sich in A zurückverwandelt“. Die Phosphorescenzerscheinung ist nach dieser Annahme ein directer Beweis von der gegenseitigen Umwandlung strahlender und chemischer Energie.

Ein ähnliches Ergebniss erhielten wir mit dem Photographieprocess. Es zeigte sich bei einigen Versuchen, dass die Temperatur auf denselben einen grossen Einfluss ausübt. Durch Erniedrigung der Temperatur kann man die Wirkung der Belichtung abschwächen, eventuell vernichten.

1) Becquerel, Ann. de chim. et de phys. III. t. 55.

Diese und ähnliche Versuche setzen wir bei der tiefsten Temperatur, die uns zu Gebote steht, fort; nach Abschluss derselben werden wir ausführlich berichten. Ich verlasse nun das Kältegebiet und möchte von einigen Versuchen sprechen, die bei höheren Temperaturen angestellt wurden, und zwar über den

Einfluss von Verunreinigungen auf die kritische Temperatur von Flüssigkeiten.

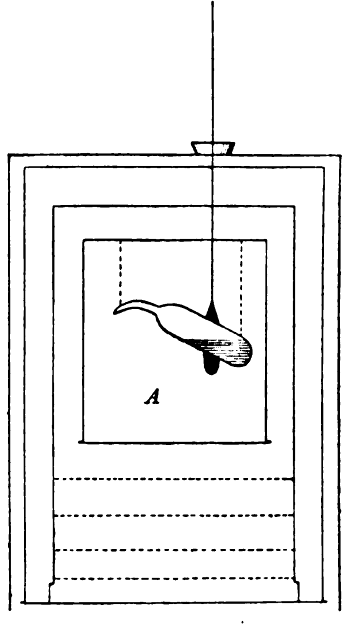
Da wir zu dem Betriebe unserer Kältemaschinen Lachgas gebrauchen und es zu diesem Zwecke wie auch zur Narkose im Grossen herstellen, haben wir nach einer Methode Umschau gehalten, welche es uns ermöglicht, die Reinheit des Stickstoffoxyduls schnell und verlässlich bestimmen zu können. Die Erfahrungen, die wir im Betriebe gemacht haben, sind uns hierbei zu statten gekommen; es zeigte sich nämlich, dass die kleinste Verunreinigung die Verflüssigung des Lachgases erschwert, ja zuweilen unmöglich macht. Wir arbeiten immer mit einem bestimmten Drucke, und wenn das dargestellte Stickoxydul bei einer bestimmten Temperatur sich nicht verflüssigen lässt, so ist es ein Zeichen, dass dasselbe unrein ist; mit anderen Worten: die kleinste Verunreinigung hat einen grossen Einfluss auf die kritischen Daten.

Wir haben daher Versuche angestellt, um zu sehen, ob man die kritischen Daten, welche bei Stickoxydul sich so gut bewährt haben, auch im allgemeinen als Kriterium der Reinheit der Substanzen benutzen kann. Wir haben mit Freuden constatirt, dass zu den beiden viel angewandten Methoden des Schmelzpunktes und Siedepunktes, auch die kritische Temperatur sich als würdige Dritte im Bunde gesellen kann.

Zur Bestimmung der kritischen Temperatur benutzen wir die sogenannte optische Methode. Die auf diese Weise bestimmte Temperatur ist allerdings, theoretisch gesprochen, nicht genau die kritische Temperatur, da der Inhalt im Röhrchen nicht immer dem kritischen Volumen entspricht. Stoletow und andere Forscher haben aber gezeigt, dass eine relativ bedeutende Aenderung des Volumens nur eine sehr kleine Aenderung des Druckes bedingt; wenn also das kritische Volumen annähernd hergestellt ist, so ist der Fehler in der kritischen Temperatur sehr gering.

Auf die Ercheinungen, die ich bei der kritischen Temperatur beobachtet habe, will ich hier nicht näher eingehen; ich habe ausführlich darüber in einer früheren Arbeit berichtet. Ich will nur darauf aufmerksam machen, dass bei gleichmässiger und langsamer Erwärmung, die Temperatur, bei welcher der Meniscus verschwindet, der Temperatur gleich ist, bei welcher die erste undurchsichtige Trübung auftritt. Es ist nur ein Unterschied von höchstens 0,2°.

Der genauen Bestimmung der kritischen Temperatur steht die Schwierigkeit entgegen, die Temperatur, welche meist ziemlich hoch liegt, gleichförmig und dauernd herzustellen, damit man sicher sein kann, dass die Umgebung und die zu beobachtende Flüssigkeit die gleiche Temperatur besitzen.



Man benutzte gewöhnlich Paraffin oder Luftbäder. Die Paraffinbäder haben aber den Nachtheil, dass bei 250° das Paraffin sich schwärzt, wobei man nicht mehr genau beobachten kann; dazu kommt noch, dass bei einer zufälligen Explosion dasselbe sich entzündet, was viele Unannehmlichkeiten bereitet. Es wurde daher in der letzten Zeit ein Luftbad benutzt, welches Avenahms construirt hat. Die Erwärmung dieses Apparates nimmt jedoch sehr viel Zeit in Anspruch. Er muss durch 21—27 Bunsenbrenner erhitzt werden, wodurch sich eine unerträgliche Hitze entwickelt, welche die Beobachtungen sehr erschwert.

Wir benutzen zu diesem Zwecke mit Erfolg ein sehr einfaches Luftbad, welches ich vor zwei Jahren construirt habe.[1]) Der Apparat besteht aus drei ineinander gesetzten Cylindern aus Messingblech; dieselben sind mit Fenstern aus Glimmer-

1) Zeitschrift für physikalische Chemie 11. p. 5.

platten versehen, um die Beobachtung im Innern zu ermöglichen. Der mittlere Kasten ist länger als der innere, und trägt unten einige Drahtnetze, welche eine bessere Vertheilung der Heizgase und damit eine gleichförmigere Temperatur bedingen. Das Ganze ist von einem dritten Kasten umgeben, der aussen mit einem Asbestmantel bekleidet ist. Auf den oberen Boden sind nebeneinanderliegende Oeffnungen vorhanden, durch welche das Thermometer geht.

Die Versuchsröhrchen. Die zu untersuchende Substanz wird in 3—4 cm lange Röhrchen gebracht, deren Durchmesser 5 mm und 3 mm lichte Weite beträgt. Sie werden an einem Ende zu dickwandigen Kapillaren ausgezogen, diese zu Haken gebogen, vermittelst welcher die Röhrchen aufgehängt werden.

Die Füllung der Röhrchen. Um die Luft aus den Versuchsröhrchen ganz zu verdrängen, geschieht die Füllung der letzteren in folgender Weise: In das Kölbchen *b*, das die zu untersuchende Flüssigkeit enthält und mit einem $CaCl_2$-Rohre verbunden ist, wird das in einem Kork befestigte Röhrchen *a* eingebracht. Ein Theil der Luft wird daraus durch Erwärmen vertrieben, beim Abkühlen tritt eine kleine Menge Flüssigkeit ein. Durch Verdampfung der letzteren wird die noch vorhandene Luft verdrängt, wonach das Röhrchen bei weiterer Abkühlung sich mit Flüssigkeit anfüllt, sodass blos noch eine kleine Luftblase übrig bleibt, die nach drei oder viermaliger Wiederholung der Erwärmung verschwindet. Die Flüssigkeit im Kölbchen wird während dieser Zeit im Sieden erhalten, sodass die Luft aus derselben ganz verdrängt wird. Jetzt lässt man die Flüssigkeit im Röhrchen bis auf ein bestimmtes Volumen eindampfen, wonach das Röhrchen zugeschmolzen wird.

Die Versuchsordnung. Die Versuche werden in folgender Weise ausgeführt: Der Apparat wird von etwa 100^0 unterhalb der kritischen Temperatur an sehr langsam erwärmt, der Punkt, bei dem der Uebergang von Flüssigkeit im Gaszustande stattfindet notirt, $3—4^0$ höher erwärmt und nachher ebenso langsam abgekühlt und beim Erscheinen des Nebels wird die Temperatur wieder notirt. Das Mittel von diesen Zahlen, welche, wie gesagt, sehr wenig von einander verschieden gefunden werden, wird als die kritische Temperatur angesehen.

Auf diese Weise habe ich folgende Beobachtungen ge-

macht. Wir bestimmten zunächst die kritische Temperatur von besonders reinen Substanzen, und zwar von Chloroform, Chloräthyl, Aether, Pental.

Die kritischen Temperaturen dieser reinen Substanzen waren:

Chloroform = 258,8°, Chloräthyl = 181,0°,
Aether = 189,0°, Pental = 201,0°.

Wir mischten nachher einige Tropfen Alkohol zu dem Chloroform und zu dem Chloräthyl. Die kritische Temperatur dieser Substanzen hat sich verändert, es ergaben sich die Zahlen:

Chloroform + Alkohol = 255,0°
Chloräthyl + Alkohol = 187,0°.

Eine kleine Zugabe von Alkohol bewirkt also in der kritischen Temperatur einen Unterschied von 3,8° bei Chloroform und von 6° bei Chloräthyl, während die Differenz im Siedepunkte beim Chloroform nur 0,1—0,2° und beim Chloräthyl 0,5° ergab.

Wir bestimmten den Siedepunkt des käuflichen Pentals, es war ein kaum merkbarer Unterschied, noch weniger als um 0,1°; in der kritischen Temperatur ergab sich aber ein Unterschied von 1,5°. Die kritische Temperatur derselben war 189,5°.

Eine chemische Analyse ergab, dass im käuflichen Pental kleine Mengen von Aldehyd waren.

Wir haben nun diese Versuche fortgesetzt und haben in 25 g Aether ca. 0,5 g von folgenden Substanzen gelöst; es ergab sich:

	Diff. im Siedep.	Diff. in der krit. Temp.
Cineol ($C_{10}H_{18}O$)	0,2—0,3°	4,0°
Terpentinöl ($C_{10}H_{18}O$)		8,0°
Phenol ($C_6H_5 . OH$)		12,0°
Guajacol $\left(C_6H_4 \langle {O . CH_3 \atop OH} \right)$		6,0°
1 g J in 30 g Aether		4,0°

Die kritischen Temperaturen sind auf ganze Zahlen, die Siedepunkte auf 0,1° abgerundet.

Das Thermometer ist noch nicht geprüft, ebenso habe ich nicht die Correction für den herausragenden Faden gemacht; für unseren Zweck genügt es aber vollständig, denn es handelt sich hier nur um relative Werthe.

Wie man aus diesen Zahlen sieht, hat sich die kritische Temperatur als ein sehr gutes Kriterium der chemischen Reinheit bewährt, ist viel empfindlicher als der Siedepunkt und die Ausführung dieser Bestimmung bietet auf die oben angegebene Weise keine Schwierigkeiten mehr.

Allerdings kann diese Methode nur eine beschränkte Anwendung haben; sie kann nämlich nur bei Substanzen angewendet werden, welche sich bei der kritischen Temperatur nicht zersetzen. Es gibt aber eine Menge Substanzen, die noch weit über der kritischen Temperatur ihre Zusammensetzung nicht verändern.

Ich möchte noch auf eine Beobachtung aufmerksam machen, die wir bei der Bestimmung der kritischen Temperatur von einer Jodlösung in Aether gemacht haben. Nach der ersten Bestimmung derselben bemerkten wir, dass die Lösung eine etwas hellere Farbe angenommen hat. Wir wiederholten die Erwärmung bis über die kritische Temperatur und zu unserem Erstaunen entfärbte sich die Lösung vollständig; nach der Abkühlung krystallisirten feine Nadeln aus der Lösung aus. Diese Entfärbung der Jodlösung hat uns überrascht, wir wiederholten daher diesen Versuch mit einem anderen Röhrchen und erhielten dasselbe Resultat.

Diese Beobachtung habe ich erst in der letzten Woche gemacht und habe die sich bildenden Krystalle noch nicht analysiren können. Wir haben aber, wie mir scheint, einen Anhaltspunkt für die Analyse: mehrere Röhrchen dieser Lösung sind nämlich gesprungen, die Explosion trat immer gerade im Momente der Entfärbung ein. Es scheint also, dass die Jodlösung das Glas angreift, es löst wahrscheinlich irgend welche Glasbestandtheile und das Jod verbindet sich mit denselben. Es ist wohl möglich, dass Jodkalium oder Jodnatrium sich dabei bildet.

Nachdem mehrere Versuche uns gezeigt haben, dass die kleinste Verunreinigung auf die kritische Temperatur einen grossen Einfluss ausübt, haben wir uns die Frage vorgelegt, was eintreten werde, wenn eine Lösung eines festen Körpers bis über die kritische Temperatur des Lösungsmittels erwärmt wird.

Erwärmt man eine Flüssigkeit bis über die kritische



Temperatur, so geht dieselbe in Gaszustand über; wenn in dieser Flüssigkeit ein fester Körper gelöst ist, dessen Schmelzpunkt höher als die kritische Temperatur des Lösungsmittels liegt, so ist zu erwarten, dass der feste Körper sich ausscheiden wird, sobald die Flüssigkeit, in welcher derselbe gelöst ist, bis zur kritischen Temperatur erwärmt wird. Bei einem Versuche, den wir in dieser Richtung angestellt haben, hat sich aber das Gegentheil ergeben.

Wir lösten 0,5 g Borneol ($C_{10}H_{18}O$), vom Schmelzpunkt 198° in 25 g Aether, dessen kritische Temperatur 189° war. Wir füllten einige Röhrchen mit dieser Lösung und erwärmten bis zur kritischen Temperatur. Die kritische Temperatur stieg bis 197°, wir konnten aber keine Spur von fester Substanz, die sich ausgeschieden hätte, beobachten.

Einen zweiten Versuch haben wir mit einer 40 proc. Lösung von Borneol in Aether angestellt. Die kritische Temperatur stieg bis 296°, ein Unterschied von 107°. Die Temperatur ist aber hier schon viel höher als der Schmelzpunkt und der Siedepunkt von Borneol, sodass dieser Versuch ein Interesse nur insofern hat, als er uns die Empfindlichkeit der kritischen Temperatur zeigt.

Um den Unterschied zwischen dem Schmelzpunkte des gelösten Stoffes und der kritischen Temperatur des Lösungsmittels zu vergrössern, haben wir 1 g von demselben Borneol in 50 g Chloräthyl gelöst. Die kritische Temperatur des Chloräthyl beträgt 181°, der Schmelzpunkt des Borneol gegen 200°. Die kritische Temperatur der Lösung stieg bis 191°, aber auch hier war keine Ausscheidung zu beobachten.

Wir haben weiter eine verdünnte Lösung von Jodkalium in Alkohol dargestellt; dieselbe bis über die kritische Temperatur erwärmt. Auch hier konnte man keine Spur von fester Substanz beobachten, trotzdem der Schmelzpunkt des Jodkaliums bedeutend höher liegt, als die kritische Temperatur der Lösung.

Es war von Interesse zu sehen, wie sich eine Lösung eines Farbstoffes bei der kritischen Temperatur verhalten wird. Als geeignetes Versuchsobject hat sich Alizarin gezeigt; es schmilzt bei 290°, löst sich in Alkohol und ist bei höheren Temperaturen beständig.

Wir haben zu diesem Zwecke ein Röhrchen mit einer Lösung von Alizarin in Alkohol erwärmt. Auch hier hat sich keine Spur von fester Substanz nach der kritischen Temperatur niedergeschlagen, trotzdem die Temperatur gegen 50^0 niedriger als der Schmelzpunkt vom Alizarin war.

Wie man aus diesen Versuchen sieht, lösen sich feste Substanzen in Flüssigkeiten, auch nachdem die Letzteren bis über ihre kritischen Temperaturen erwärmt worden sind, also in Gasen. Diese auffallenden Experimente erläutern von Neuem die Theorie, welche Pictet bereits im Jahre 1877, in seiner „Synthèse de la Chaleur“ aufstellte.

Bei Gelegenheit der Verflüssigung des Wasserstoffs sagte er, dass vor der Verflüssigung die Gase schon in einer Art von „Flüssigkeitszustand“ wären, der einem kritischen Zustande der Gase entspräche. Die Verflüssigung der Dämpfe zerfällt nach Pictet in zwei Phasen. In der einen, die bei Temperaturen über dem kritischen Punkt liegt, schweben inmitten des Dampfes, oder inmitten der Gasmolecüle, Myriaden von Flüssigkeitspartikelchen, deren Zahl proportional dem Drucke ist; die zweite Phase ist unterhalb des kritischen Punktes unter dem Drucke des gesättigten Dampfes. Nur in dieser zweiten Phase spielt die Schwerkraft eine Rolle und sammelt die Partikelchen als Tröpfchen unten im Glase. In der ersten Phase ist der Zustand so wechselnd, dass die kleinen „Flüssigkeitspartikel“ sofort in Dampfform übergehen, während an anderer Stelle zu gleicher Zeit wieder „Gasmolecüle“ sich vereinigen und flüssig werden. Es bildet sich, sozusagen, ein Gleichgewichtszustand. Die Partikelchen gehen stetig aus einem Aggregatzustande in den anderen über, kommen aber nie dazu Tropfen oder einen für unser Auge sichtbaren Meniscus zu bilden. Feste Substanzen können sich aber doch in diesen Flüssigkeitspartikelchen bei hohem Druck in der Nähe des kritischen Punktes auflösen.

Auf Grund dieser Theorie lassen sich die folgender Erscheinungen übersehen, welche mir bei der kritischen Temperatur der Alizarinlösung aufgefallen sind:

Bei langsamer und gleichförmiger Erwärmung der Alizarinlösung dehnt sich dieselbe aus; der obere Theil des Röhrchens ausserhalb der Flüssigkeit bleibt farblos. Die Trennungsfläche



zwischen der Flüssigkeit und dem farblosen Dampfe wird immer flacher und undeutlicher. Bei der kritischen Temperatur verschwindet der Meniscus. Den Farbenunterschied kann man noch ein Moment nach dem Verschwinden des Meniscus beobachten. Der Theil des Röhrchens unterhalb der Stelle, wo der Meniscus verschwand, bleibt gefärbt, während der obere Theil des Röhrchens farblos ist. Nach einer Minute ungefähr wird das ganze Röhrchen gefärbt. Kühlt man ab, so wird der obere Theil des Röhrchens momentan entfärbt.

Nach dieser Theorie müssten allerdings bei Ueberhitzung die festen Körper wieder ausfallen, denn die Zahl der flüssigen Partikelchen nimmt mit steigender Temperatur rapide ab. Experimentell konnte diese noch nicht festgestellt werden.[1]) Sollte sich aber diese Hypothese nicht bestätigen, so müssten wir annehmen, dass die Flüchtigkeit des gelösten Stoffes in einer Lösung vergrössert wird, sodass die festen Körper selbst unter ihrem Schmelzpunkte gasförmig werden könnten, wenn sie unter einem hohen Drucke sind. Ein hoher Druck ist dabei nöthig, um eine Wechselwirkung zwischen den Molecülen des gelösten Stoffes und des Lösungsmittels zu bewerkstelligen.

Um zu sehen, wie weit die Löslichkeit von Jodkalium in Alkohol nach der kritischen Temperatur gehen kann, haben wir eine etwas concentrirtere Lösung dargestellt. Bei dem kritischen Punkte ist ein ganzer Theil des Jodkaliums ausgefallen. Wenn man das Röhrchen gleichmässig im Apparate erwärmt, so bilden sich schön geformte Krystalle.

Weitere Versuche haben uns gezeigt, dass die Löslichkeit von Jodkalium in Alkohol mit der Temperatur zunimmt, sie erreicht in der Nähe der kritischen Temperatur ihr Maximum, wonach dieselbe wieder abnimmt.

Der Zustand einer Substanz nach der kritischen Temperatur ist bis jetzt noch nicht ganz aufgeklärt. In der letzten Zeit haben sich mehrere Forscher mit dieser Frage beschäftigt, ohne dass ein ausreichendes Verständniss derselben gewonnen worden wäre. Von den vorher angegebenen Beobachtungen wird man vielleicht einige Schlüsse ziehen können. Ich will

---

1) Inzwischen ist diese Theorie experimentell bestätigt worden, da bei Ueberhitzung sich Krystalle ausschieden.

aber jetzt davon Abstand nehmen, da die Versuche noch nicht abgeschlossen sind.

Vielleicht wird es mir vergönnt sein, nach Abschluss dieser Versuche über die Resultate in Ihrem hochverehrten Kreise sprechen zu dürfen. Für heute danke ich dem sehr geehrten Hrn. Präsidenten für die ehrenvolle Einladung, welche mir erlaubt hat, in Ihrem geehrten Kreise zu sprechen, und auch Ihnen, meine Herren, danke ich bestens für die Aufmerksamkeit, die Sie mir gütigst geschenkt haben.

Druck von Metzger & Wittig, Leipzig.

Jahrg. 14. Nr. 2.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 25. Januar 1895.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **F. S. Archenhold** sprach

Ueber projectirte Fernröhre von 110 und 125 cm Oeffnung.

Die Hrn. **W. von Bezold** und **O. Lummer** machten hierzu einige Bemerkungen.

Sitzung vom 8. Februar 1895.

Vorsitzender i. V.: Hr. B. SCHWALBE.

Hr. **R. Neuhauss** (a. G.) sprach in einem mit Demonstrationen begleiteten Vortrage

Ueber die Photographie in natürlichen Farben.

Im Sommer 1894 nahm der Vortragende die schon vor zwei Jahren begonnenen Versuche mit dem LIPPMANN'schen Verfahren wieder auf, und zwar unter Anlehnung an die Vorschriften, welche E. VALENTA in seinem ausgezeichneten Buche über „Photographie in natürlichen Farben" (Halle a. S. 1894. W. KNAPP) giebt. In befriedigender Weise gelang auf Bromsilberplatten die Wiedergabe von Spectren und Mischfarben. Die bei diesen Versuchen gewonnenen Ergebnisse sind in drei Aufsätzen niedergelegt, welche im October-, November- und Decemberheft der „Photographischen Rundschau" (1894) zum Abdruck gelangten.

Bisher nahm man allgemein an, dass die zur Herstellung von Aufnahmen in natürlichen Farben geeigneten Platten kornlos sind und sein müssen. Eine vom Vortragende vorgenommene Untersuchung der Platten ergab, dass hier ein schwerwiegender

Irrthum vorliegt. Die nach VALENTA's und LUMIÈRE's Vorschriften hergestellten Bromsilberplatten (Mischungstemperatur der Emulsion 40° C.), welche alle Farben in trefflichster Weise wiedergeben, besitzen ein deutlich sichtbares Korn. Die Grösse des Kornes vor und nach der Entwickelung ist nicht dieselbe. Vor der Entwickelung beträgt dieselbe 0,0001 bis 0,0003 mm. Da nun die halben Wellenlängen des dem Auge sichtbaren Lichtes schwanken zwischen 0,00019 und 0,00038 mm, so ergiebt sich, dass das Korn durchschnittlich beinahe ebenso gross ist, wie die halben Wellenlängen.

Bei der nicht entwickelten Platte sieht man das Korn am Besten unter Zuhilfenahme einer Apochromat-Oel-Immersion mit engem Beleuchtungskegel und mässig schräg einfallendem Licht. Nach Färben der Platte mit verdünnter Fuchsinlösung tritt das Korn deutlich hervor.

Unter der Einwirkung des Ammoniaks vergröbert sich das Korn während der Entwickelung in sehr auffallender Weise. Der Durchmesser beträgt nach der Entwickelung 0,0005 bis 0,0015 mm; er ist also erheblich grösser, als die halben Wellenlängen. Im Hinblicke auf diese Thatsache erscheint es mehr als fraglich, ob die ZENKER'sche Theorie, auf welcher das LIPPMANN'sche Verfahren aufbaut, richtig ist. Mit unseren Vorstellungen über den Gang der Lichtstrahlen lässt es sich ungemein schwer vereinigen, dass bei Einlagerung eines so groben (und, wie der Augenschein lehrt, recht undurchsichtigen) Kornes zwischen die dünnen ZENKER'schen Blättchen eine regelrechte Interferenz der Strahlen zu Stande kommen soll.

Noch auf zwei weitere Thatsachen, welche gegen die ZENKER'sche Theorie sprechen, machte Vortragende aufmerksam: Erstens ist der Ort, wo im Spectrum bestimmte Farben auftreten, keineswegs ein unveränderlicher. Während längerer Belichtung verschieben sich die Farben in sehr merklicher Weise. Wo z. B. im Anfang der Belichtung Blau oder Violett auftritt, hat man bei längerer Exposition Grün. Das Blau und Violett rückt dann weiter nach dem mehr brechbaren Ende des Spectrums hinaus. Hierbei müssten also die nach der ZENKER'schen Theorie gebildeten dünnen Blättchen bei längerer Belichtung ihren gegenseitigen Abstand ändern — eine Annahme, die ausserordentlich wenig Wahrscheinlichkeit



für sich hat. Man könnte einwenden, dass die dünnen Blättchen bei längerer Belichtung dicker werden, weil auch die dem Schwingungsmaximum zunächst gelegenen Silbermolecüle mit in Schwingung gerathen. Hierbei würden die freien Zwischenräume zwischen zwei Blättchen mehr und mehr zusammenschrumpfen. Infolgedessen könnte wohl Licht von kürzerer Wellenlänge dort auftreten, wo vorher ein solches von grösserer Wellenlänge war, nicht aber umgekehrt, wie es in Wirklichkeit der Fall ist.

Zweitens ändern sich in dem fertig entwickelten, fixirten und getrockneten Bilde die Farben, wenn man die Bildschicht mit einem in Alkohol getränkten Lederläppchen vorsichtig abreibt. Hierbei findet ein mechanisches Entfernen der obersten Bildschichten statt. Es werden also bei hinreichend langem Reiben einige der nach Zenker'scher Theorie gebildeten dünnen Blättchen entfernt. Theoretisch müsste die Folge des Abreibens sein, dass an der abgeriebenen Stelle die Leuchtkraft der Farbe abnimmt. In Wirklichkeit treten jedoch nach dem Abreiben ganz andere Farben auf: Es tritt an die Stelle der abgeriebenen Farbe die benachbarte Farbe mit kürzerer Wellenlänge, Gelb also an diejenige des Roth, Blau an diejenige des Grün etc. Reibt man weiter, so wird die Sache unregelmässig. In einzelnen Fällen konnte Verfasser jedoch einen sehr regelmässigen Wechsel der Farben feststellen. Hierbei handelt es sich nicht etwa um einen durch den Alkohol herbeigeführten Schrumpfungsprocess der Gelatine, welcher ein allmähliches Aneinanderrücken der dünnen Blättchen bewirken könnte. Legt man nämlich die Platte in Alkohol, ohne zu reiben, so bleibt die Farbveränderung aus.

Bekanntlich gilt die ausgezeichnete Arbeit von O. Wiener über stehende Lichtwellen[1]) als die beste Stütze der Zenker'schen Theorie. Wir dürfen uns aber nicht verhehlen, dass auch Wiener den einzig zwingenden directen Beweis vom Vorhandensein der dünnen Blättchen nicht erbracht hat. Bei unseren jetzigen optischen Hülfsmitteln wäre der directe Beweis wohl möglich. Man hätte dabei folgendermaassen zu verfahren: Die Emulsion wird auf eine Abziehplatte gegossen.

1) Wiener, Wied. Ann. **40.** p. 203. 1890.

Nach der Belichtung im Spectrographen und der Entwickelung des Bildes zieht man das dünne Häutchen von der Platte herunter und fertigt von demselben mit Hülfe des Mikrotomes Querschnitte. An Stellen, wo die Platte von rothem Lichte getroffen ist, müsste sich auf dem Querschnitte eine feine Streifung zeigen, bei der die Streifen einen gegenseitigen Abstand von 0,00038 mm haben. Unter Anwendung der besten Oelimmersionen lässt sich dies Streifensystem auflösen. (Man denke an die Auflösung von Amphipleura pellucida, wo die Streifen einen gegenseitigen Abstand von nur 0,00022 mm haben.)

Bei den Spectralaufnahmen des Vortragenden zeigte sich sowohl in der infrarothen wie in der ultravioletten Zone ein eigenartiges Dunkelgrün. Doch glauben wir, dies als eine specifische Farbe nicht ansprechen zu dürfen. Es ist vielmehr dasselbe Grün, welches bei Aufnahme von Mischfarben häufig an den Theilen der Platte zur Erscheinung kommt, die überhaupt nur sehr wenig Licht erhielten, z. B. auf dem mangelhaft beleuchteten Hintergrunde, wo eine bestimmte Farbe nicht fertig wurde. Das vielbesprochene Lavendelgrau konnte Verfasser niemals entdecken. Zwischen genanntem Dunkelgrün und dem eigentlichen Roth zeigt sich bei allen Spectren, die reichliche Belichtung erfuhren, ein leuchtendes Dunkelpurpur.

Während die Wiedergabe von Spectren leicht ist, bereitet die Aufnahme von Mischfarben recht erhebliche Schwierigkeiten. Hier ist die Neigung der Platte, falsche Farben zu erzeugen, eine grosse. Man studirt die falschen Farben am besten bei Spectralaufnahmen, wo die Verhältnisse am einfachsten liegen. Das bereits erwähnte Dunkelgrün ist die Vorläuferin aller Farben, am ausgesprochensten diejenige des Blau und Violett. Besonders im Gebiet des Spectralblau stellt sich überdies im Anfange der Belichtung mitunter ein eigenartiges Rosa ein. Bei Ueberbelichtung tritt die bereits erwähnte allgemeine Verschiebung der Farben ein. Wird die Ueberbelichtung sehr weit getrieben, so blassen die Farben ab. Bei den Mischfarben kommt noch als sehr zu berücksichtigender Punkt hinzu, dass sich jede einzelne Mischfarbe aus Strahlen von verschiedener Wellenlänge zusammensetzt und dass mitunter ein Strahl von irgend einer Wellenlänge für die photographische Platte ein Uebergewicht bekommt, welches er für das

menschliche Auge nicht hat; dementsprechend erscheint dann die Farbe im Bilde anders wie in der Natur.

Um die ultravioletten Strahlen abzufangen, welche, wie bekannt, bei Mischfarbenaufnahmen sehr stören, bedient sich Verfasser einer Cuvette mit planparallelen Wänden, welche mit saurer Chininlösung angefüllt ist. Am besten bringt man die Cuvette unmittelbar vor der Platte an. Hier beeinträchtigt sie die Schärfe des Bildes in kaum nennenswerther Weise.

Nimmt man Blumensträusse auf, so muss man dafür Sorge tragen, dass die Blumen während der langen Exposition (etwa 1 Stunde in hellem, zerstreutem Lichte) nicht ihre Lage verändern. Am besten fixirt man jede einzelne Blume mit einem dünnen Draht. Im directen Sonnenlichte würden für derartige Aufnahmen 1—3 Minuten ausreichen. Doch sind die hierbei auftretenden tiefen Schatten und hellen Spitzlichter für das Gelingen der Aufnahme nicht sehr förderlich.

Zu den schlimmsten Feinden des Photographen gehören die im entwickelten Bilde so überaus leicht auftretenden Schlieren. Um dieselben mit einiger Sicherheit zu vermeiden, ist es durchaus nothwendig, folgende Vorsichtsmaassregeln zu beobachten:

1. Die Platten sind vor dem Guss mässig anzuwärmen und nach dem Centrifugiren schnell auf horizontaler Ebene zu erstarren.

2. Die unmittelbar nach dem Erstarren in fliessendem Wasser gewaschenen Platten müssen bei einer Temperatur trocknen, welche nahe unter dem Schmelzpunkte der Gelatine liegt, also bei 20° R. (= 25° C.).

3. Die zur Färbung der Emulsion verwendete alkoholische Cyaninlösung ist jedesmal vor dem Gebrauch frisch anzusetzen.

4. Die getrockneten Platten sind in warmem, trockenem Raume aufzubewahren und auch in einem solchen in die Cassette einzulegen. Beim Einlegen in die Cassette vermeide man es insbesondere, die Gelatineschicht anzuhauchen oder derselben mit feuchten Fingern nahe zu kommen.

5. Das Quecksilber muss sehr sauber gehalten und häufig filtrirt werden.

6. Das nach dem Exponiren an der Bildschicht anhaftende Quecksilber ist vor dem Entwickeln durch kräftiges Reiben mit einem sauberen Lederlappen zu entfernen.

Um den lästigen Quecksilberspiegel durch anderes zu ersetzen, nahm der Vortragende verschiedene Versuche vor: Zuerst kam Stanniol an die Reihe, welches mit grosser Gewalt an die Gelatineschicht angedrückt wurde. Leider blieb die erhoffte Wirkung aus. Offenbar besteht immer noch ein verschwindend kleiner Zwischenraum zwischen Stanniol und Gelatine. Dann wurde die Emulsion auf hochpolirte, versilberte Spiegelglasplatten gegossen. Nach dem Entwickeln, Fixiren und Trocknen zeigen jedoch hier die Bilder in der Aufsicht die gelblichbraune Farbe, wie dergleichen Aufnahmen sonst in der Durchsicht. Demnach hat es den Anschein, als ob wir uns von dem Quecksilber vorläufig noch nicht befreien können.

Weicht man die Platten unmittelbar vor dem Entwickeln in destillirtem Wasser ein, so geht das latente Bild stark zurück. Um hierin jeden Zweifel auszuschliessen, verfuhr der Vortragende folgendermaassen: Die Platte wurde nach der Belichtung in zwei Hälften zerschnitten und die eine Hälfte vor dem Entwickeln eingeweicht. Dieselbe erwies sich dann, verlichen mit der nicht eingeweichten Hälfte, als erheblich unterexponirt. Diese Erscheinung lässt sich nur durch physikalische Vorgänge erklären; sie zeigte sich nicht in gleich ausgesprochenem Maasse bei den verschiedenen vom Vortragenden hergestellten Emulsionen und ist bei Spectralaufnahmen weniger deutlich sichtbar, als bei Aufnahmen von Mischfarben.

Von Wichtigkeit ist es, die Empfindlichkeit der für Aufnahmen in natürlichen Farben geeigneten Platten genau festzustellen. Da uns hier wegen der grossen Unempfindlichkeit dieser Platten alle Sensitometer im Stiche lassen, so verfuhr der Vortragende folgendermaassen: Nach einem bunt gefärbten Präparate von Distomum lanceolatum (Leberegel) wurde in neunfacher Vergrösserung auf gewöhnlicher orthochromatischer Badeplatte (Sachs) eine mikrophotographische Aufnahme gemacht. Die zur Erzielung eines guten Negativs nothwendige Expositionszeit betrug unter Anwendung von Auer'schem Gasglühlicht 1 Secunde. Nunmehr wurde die Aufnahme nach Lippmann'schem Verfahren auf sogenannter kornloser Platte wiederholt. Hier musste $3^1/_4$ Stunden, also rund 10000 Sec., belichtet werden. Daraus ergiebt sich, dass die für Aufnahmen

in natürlichen Farben geeigneten Bromsilberplatten (Mischungstemperatur der Emulsion 40° C.) etwa 10000 mal unempfindlicher sind, als gewöhnliche Trockenplatten.

Verschiedene Aufnahmen in natürlichen Farben (zumal wenn dieselben von verschiedenen Forschern hergestellt sind) zeigen erhebliche Abweichungen. Bei einzelnen derselben ist das Farbenbild nur von der Schichtseite, bei anderen dagegen auch von der Glasseite aus sichtbar. Einzelne Bilder lassen sich mit Quecksilber verstärken, bei anderen geht durch die Verstärkung jede Farbwirkung verloren; einzelne vertragen sehr gut das Aufkitten eines Deckglases mit Hülfe von Canadabalsam; bei anderen zieht ein solches Aufkitten mit Sicherheit das Verschwinden der Farben nach sich. Diese Widersprüche lösen sich vielleicht dadurch, dass man zwei Arten von Bildern anzunehmen hat: Oberflächen- und Tiefenbilder. Bei ersteren kommen die Farben lediglich an der Oberfläche der Bildschicht zu Stande; bei letzteren sind diejenigen Körper, welche die Interferenzen erzeugen (denn um solche handelt es sich zweifellos, mag die Zenker'sche Theorie richtig oder falsch sein) gleichmässig durch die ganze Bildschicht vertheilt. Letztere Bilder vertragen daher eine Verstärkung, das Aufkitten des Deckgläschens und zeigen die Farbe auch von der Glasseite aus. Zweifellos trägt die Herstellungsart der Platten dazu bei, ob schliesslich ein Oberflächen- oder ein Tiefenbild zu Stande kommt. Doch können wir uns über die einzelnen hierbei mitwirkenden Ursachen noch nicht genügend Rechenschaft geben.

Bekanntlich lassen sich Bilder in natürlichen Farben unter Benutzung von auffallendem Lichte projiciren. Die Bilder des Vortragenden, welche durchschnittlich eine Höhe von 6—7 cm haben, erscheinen bei Projection mit einem grossen electrischen Apparate, auf der weissen Wand bis auf 2 m vergrössert und besitzen trotz dieser starken Vergrösserung immer noch eine sehr bedeutende Leuchtkraft.[1]) Wer über einen für derartige Zwecke hergerichteten Projectionsapparat

---

1) Der Vortragende führte mit Hülfe dieses Projectionsapparates seine Aufnahmen in natürlichen Farben (Spectren und zehn verschiedene Aufnahmen von Mischfarben) vor.

nicht verfügt, bedient sich mit Vortheil zur Demonstration seiner Bilder eines mit grosser Sammellinse versehenen Schaukastens, so wie derselbe auch zum Betrachten gewöhnlicher Photographien Verwendung findet. Nur muss der Bildträger mit einem Kugelgelenk versehen werden, damit man dem Bilde jede gewünschte Richtung geben kann. Stellt man den Apparat in Nähe eines Fensters derart auf, dass directes Himmelslicht auf das Bild fällt, so erscheinen die Farben ausgezeichnet schön. Abends wird der Schaukasten in unmittelbarer Nähe einer mit Milchglasglocke versehenen Lampe angebracht. Hat man mit Hülfe des Kugelgelenkes den richtigen Winkel eingestellt, so sieht jeder Beobachter, der durch die Sammellinse in den Schaukasten blickt, ohne weiteres die Farben. Ausserdem hat man bei dieser Methode den Vortheil, dass das Bild wesentlich vergrössert erscheint.

Die Discussion über den Vortrag des Hrn. **Archenhold** (vgl. Sitzung vom 25. Januar) wurde fortgesetzt.

Sitzung vom 22. Februar 1895.

Vorsitzender: Hr. W. von Bezold.

Hr. **O. Lummer** trug vor:

Einiges zur Correction dioptrischer Systeme[1]):

Nach einer historischen Einleitung, welche Veranlassung und Zweck des Vortrages darthut, geht der Vortragende zunächst auf die Frage ein, ob es überhaupt möglich ist, allen verschiedenen an Riesenobjective zu stellenden Anforderungen durch einen einzigen Typus zu genügen.

Bedeutet R den Radius des Objectivs und F dessen Brennweite, so ist die Helligkeit für Flächen-, Strich- und Punktgebilde entsprechend:

(1) $$\frac{R^2}{F^2}, \quad \frac{R^2}{F} \text{ und } R^2 \ldots$$

---

1) Im Anschluss an die Discussion über das geplante Riesenobjectiv von 44 Zoll Oeffnung.

woraus hervorgeht, dass ein Vergrössern der Dimensionen unter Beibehaltung des Oeffnungsverhältnisses im allgemeinen nur für Strich- und Punktgebilde einen Gewinn an Helligkeit mit sich bringt. Aber auch für diejenigen Gebilde ist es der Fall, welche bei kleiner Brennweite als Punkt, bei grosser als Fläche erscheinen.

Hier ist selbstverständlich vorausgesetzt, dass das optische System eine punktweise Abbildung liefert. Dabei ist der Begriff „punktweise" aber erst zu definiren und zwar für jede Art der Beobachtung und für jedes herzustellende System.

Wir gehen zunächst von dem Falle aus, dass wir das Objectivbild durch ein Ocular betrachten (subjective Beobachtungsweise). Soll bei beliebiger Dimension des Objectivs der Lichtgewinn entsprechend den Ausdrücken 1) vor sich gehen, so muss vorerst die Bedingung erfüllt sein, dass alles auf das Objectiv auffallende Licht auch wirklich in die Pupille des Beobachters eindringt. Es muss also der Ocularkreis gleich der Pupille oder kleiner sein; das erheischt eine Vergrösserung, welche mindestens der Normalvergrösserung N gleichkommt. Diese ist aber, wenn ϱ den Radius der Pupille bedeutet:

$$N = \frac{R}{\varrho} \dots \qquad (2)$$

Ist ferner β der Winkel, unter dem zwei Punkte gesehen werden, deren Winkeldistanz gleich α ist, so gilt auch:

$$N = \frac{R}{\varrho} = \frac{\operatorname{tg}\beta}{\operatorname{tg}\alpha} = \frac{\beta}{\alpha} \dots \qquad (3)$$

wenn α klein genug.

Vom Auge wird nun jede Fläche noch als Punkt wahrgenommen, welche sich unter einem Sehwinkel von etwa 1 Bogenminute dem Auge darbietet. Setzt man demnach $\beta = 1'$, so erhält man aus Gleichung 3 die Grösse α des Zerstreuungskreises, welchen das Objectiv von einem Stern erzeugen darf, der noch als Punkt erscheinen soll. In folgender Tabelle ist $\varrho = 4$ mm gesetzt und R das eine Mal 53 mm, das andere Mal 530 mm angenommen.

R	ϱ	N	α
53	4	13,25	4,5″
530	4	132,5	0,45″

Man erkennt hieraus, dass bei subjectiver Beobachtung die Güte der Correction des Objectivs um so grösser sein muss, je grösser das Objectiv selbst wird. Soll wie bei dem geplanten 44-Zöller nur die Normalvergrösserung angewandt werden, so muss das Objectiv bis auf unter $^1/_2$ Sec. corrigirt sein. Die Folgerung ist also, dass man ein kleines Oeffnungsverhältniss, d. h. eine relativ lange Brennweite wählt und zwar wird man am besten so weit gehen, bis der sog. „Beugungseffect“ anfängt störend zu wirken. Mit der langen Brennweite geht ein kleines Gesichtsfeld und geringe Lichtstärke für Flächengebilde Hand in Hand.

Bei der objectiven, z. B. photographischen Beobachtungsweise hängt die Definition der punktweisen Abbildung von anderen Factoren ab. Zunächst werde angenommen, Objectiv und Platte seien ideal. Dann entsteht vom Fixstern ein Punkt auf der Platte und wie nahe man die Platte dem Auge nähere, in anderen Worten, wie stark man das Bild vergrössere, stets kommt alles Fixsternlicht auf ein Netzhautelement. Mit dem Nähern gewinnt man wegen des diffusen, vom Bildpunkte ausgehenden Lichtes an Lichtstärke, d. h. die vergrösserte Platte zeigt mehr als die direct angesehene.

Nun enthält aber die Platte „Korn“ und das Objectiv ist nicht ideal. Infolge des Kornes vertheilt sich die Intensität des Fixsternbildes auf einer Fläche, gleich der Grösse des Korns, und schon bei geringerer Lupenvergrösserung wird ein Netzhautelement ausgefüllt. Dasselbe Resultat tritt ein, wenn kein Korn vorhanden, das Objectiv aber Zerstreuungskreise giebt. Beide Einflüsse treten also in Concurrenz. Wie ihr Verhältniss zu einander auch sei, jedenfalls ist das zulässige Maximum des Zerstreuungskreises gegeben durch die Eigenschaft des Auges, zwei Punkte vom Abstand $^1/_{10}$ mm in deutlicher Sehweite nicht mehr getrennt zu erkennen. Das Minimum des Zerstreuungskreises ist durch die Grösse der Plattenelemente (Korn) festgelegt. Man könnte nun leicht geneigt sein, die Plattenelemente als Maassstab für die Correction des Objectivs anzunehmen und zu fordern[1]), dass der Zerstreuungskreis der photographischen

1) In astronomischen Kreisen ist diese Annahme viel verbreitet und demgemäss diese Forderung gestellt worden.



Fernrohrobjective gleich den Plattenelementen sei. Letztere sind aber nach Dr. NEUHAUSS[1]) bei den empfindlichsten Trockenplatten gleich $^1/_{100}$ mm, bei den Platten mit feinstem Korn gleich $^1/_{1000}$ mm.

Aus der Grösse x des Zerstreuungskreises des Objectivs findet man dessen Winkelwerth mittels der Formel $\sin\alpha = x/F$, wenn F die Brennweite bedeutet.

Für ein Riesenobjectiv von 106 cm Durchmesser und 424 cm Brennweite (also Oeffnungsverhältniss $^1/_4$) wird α für $x = {}^1/_{10}$, $^1/_{100}$ und $^1/_{1000}$ mm gleich 5″, 0,5″ und 0,05″. Wollte man also die Plattenelemente ausnutzen, so müsste das Objectiv bis auf 0,5″ bez. 0,05″ corrigirt sein, d. h. besser als es für subjective Beobachtung bei der Normalvergrösserung erheischt wird. Bei dieser Definition des Punktgesetzes für objective Beobachtung käme man daher auf eine längere Brennweite wie bei subjectiver Beobachtungsweise; man müsste also auf lichtstarke und mit grossem Sehfeld versehene Objektive verzichten. Diese aber sind zu spectroscopischen und photographischen Zwecken nothwendig, will man lichtschwache Himmelsobjecte der Beobachtung und der spectralen Analyse zugänglich machen. Für solche Zwecke bleiben aber die mit der Vergrösserung der Dimensionen eines Objectivs verbundenen Vortheile bestehen, wenn man das Punktgesetz so definirt, dass gerade eben noch die unter (1) aufgestellten Formeln Gültigkeit besitzen; es ist dies für den maximalen Zerstreuungskreis vom Radius $^1/_{20}$ mm, also für einen Zerstreuungskreis von 5″ bei einem 44-Zöller vom Oeffnungsverhältnis $^1/_4$ der Fall.

Das Punktgesetz gilt aber auch noch für einen beträchtlich grösseren Zerstreuungskreis, wenn man bedenkt, dass das Licht in demselben nicht gleichmässig vertheilt ist. Gerade durch die den Zerstreuungskreisen eigenthümliche Lichtvertheilung gewinnt ein Riesenobjectiv gegenüber einem kleinen Objectiv von ganz demselben Oeffnungsverhältniss.

Bei einem Objectiv von zehnmal so kleinen Dimensionen wie das geplante Riesenobjectiv wird α für $x = {}^1/_{10}$ mm $= 50''$.

---

1) Ueber Photographie in natürlichen Farben. Verhandlungen d. Phys. Ges. vom 8. Febr. dieses Jahres.

**

Das vom Fixsternbild ausgegangene Licht füllt also nahe ein ganzes Netzhautelement aus, wenn man die photographische Platte in der deutlichen Sehweite betrachtet. Hier bleibt also die Empfindung der Helligkeit eines Sterns ganz dieselbe, gleichviel ob die Intensität innerhalb des Sternbildes gleichmässig oder ungleichmässig vertheilt ist, etwa wie in Fig. 1, wo *ab* den Durchmesser des Zerstreuungskreises und die Curve die Art der Lichtvertheilung darstellen möge; im letzteren Falle werden nur die mittleren Theile des Netzhautelementes mit grösserer Intensität getroffen wie die peripherischen Theile. Das Element der Netzhaut integrirt einfach über alle Reize (*i* Fig. 1), die es gleichzeitig erfährt.

Jetzt vergrössere man alle Dimensionen bis auf das Zehnfache. Dann wird der Zerstreuungskreis zehnmal so gross, also gleich 1 mm, und die zehnmal so grosse Lichtmenge vertheilt sich somit auf eine ebenfalls zehnmal so grosse Fläche der Netzhaut. Beide Wirkungen heben sich auf, wenn die Lichtvertheilung im Zerstreuungskreise eine gleichmässige ist. Dagegen wird bei einer Vertheilung der Intensität im Sternbild des kleinen Objectivs (gemäss Fig. 1) bei Betrachtung des vom Riesenobjectiv erzeugten Sternbildes das mittlere Element der getroffenen Netzhautfläche auf nahe seiner ganzen Ausdehnung mit der maximalen Intensität *I* geschlagen, welche beim kleinen Objectiv nur in der Mitte des getroffenen einen Elementes herrscht. Man wird also mit dem Riesenobjectiv noch Sterne wahrnehmen, die beim kleinen Objectiv unterhalb der Schwelle der Wahrnehmung bleiben.[1])

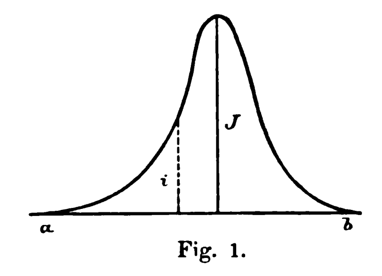


Fig. 1.

Diesem Umstande Rechnung tragend, nehmen manche Astronomen an, es könnte das Fixsternbild auf der Platte einen Durchmesser von dreifacher Grösse, also $^3/_{10}$ mm, haben,

1) Dasselbe gilt für spectrale Beobachtung, wenn man einen Spectroscopspalt von $^1/_{10}$ mm Breite benutzt, innerhalb dessen ein Fixsternbild entworfen wird, wie es bei den Spectraluntersuchungen von Fixsternen zu geschehen pflegt.

ohne dass das Punktgesetz (Formeln 1) seine Gültigkeit verliert. Um über die Grösse dieses Factors (er werde Punktgesetzfactor genannt) näheren Aufschluss zu erhalten, suchte der Vortragende denselben im Verein mit Herrn Dr. E. Brodhun auf experimentellem Wege zu bestimmen.

Dazu wurde ein von der Firma Carl Zeiss in Jena gütigst zur Verfügung gestellter Anastigmat von 9,3 cm Durchmesser und 42 cm Brennweite auf sein Auflösungsvermögen untersucht. Als Object dienten Gitter, gedruckte Zahlen und künstliche Sterne. Die Grösse der Zerstreuungskreise waren durch Rechnung bekannt und konnte auch annähernd durch die Abbildung einer weissglühenden geradlinigen Glühlampe bestimmt werden. Die Helligkeitsdifferenz der als Object benutzten Streifensysteme im Vergleich zum Hintergrund konnte beliebig bis Null geändert werden. So roh diese Orientirungsversuche [1]) auch waren, so zeigten sie doch, dass der Anastigmat Doppelsterne und Intervalle auflöste, deren Winkeldistanz 6 bis 10 mal so klein war wie sein augulärer Zerstreuungskreis.

Wollte man aus solchen Versuchen einen Schluss auf den Punktgesetzfactor ziehen, so müsste man denselben mindestens mit 6 in Anschlag bringen. Demnach brauchte der 44-Zöller nicht bis auf 5″ sondern nur bis auf 30″ genau corrigirt zu sein. Eine solche Correction aber auch über ein relativ grosses Gesichtsfeld herzustellen, scheint dem Vortragenden mittels 8 Flächen jedenfalls erreichbar zu sein. [2]) Aber auch bei einer Correction von nur 60″ würde der 44-Zöller immer noch so contrastreiche Objecte, wie es die Conturen der Mondsichel sind, deutlich und scharf abbilden.

Man darf eben aus der Grösse der Zerstreuungskreise allein noch nicht auf die Schärfe der Abbildung schliessen; vielmehr muss man erst durch Rechnung die genaue Licht-

---

1) Erwähnt sei noch, dass auch die Gültigkeit des Punktgesetzes bei dem Anastigmaten $^1/_4$ mit Erfolg geprüft wurde. In der That verschwanden die bei voller Oeffnung noch eben sichtbaren Sterne, wenn man die Oeffnung verkleinerte. Solche Versuche sind aber schwierig und bedürfen exacterer Versuchsvorrichtungen, als sie in so kurzer Zeit herzustellen waren. Die Versuche werden fortgesetzt.

2) Je grösser man das Gesichtsfeld wählt, um so kleiner muss natürlich das Oeffnungsverhältniss festgesetzt werden.

vertheilung aufsuchen. Aber auch die übliche trigonometrische Rechnungsweise giebt hierüber nicht vollkommen Aufschluss.[1])

Von dem geplanten Riesenobjectiv wusste man nun weiter nichts, als dass es innerhalb 10⁰ Gesichtsfeld bis auf 1 Winkelminute corrigirt sei bei einem Oeffnungsverhältniss von $^1/_4$. Der Vortragende stellt es als unberechtigt hin auf Grund dieser Angaben ein so schroffes Verdammungsurtheil zu fällen, wie es geschehen. Denn entweder, es ist die Helligkeit im Zerstreuungskreis gleichmässig vertheilt, dann müssen sich die Strahlen irgendwo in einem Punkte treffen, oder aber die Helligkeitsvertheilung ist eine ungleichmässige, und dann tritt jener Factor in sein Recht. Der Vortragende beweist die Richtigkeit seiner Meinung an der Hand der STEINHEIL'schen Rechnungen über das Heliometerobjectiv [2]), deren Resultate mittels graphischer Zeichnungen vorgeführt werden.

Diese Untersuchungen von STEINHEIL werden gleichzeitig benutzt, um einiges über die Correction der Systeme im allgemeinen darzulegen, vor allem dass man mittels vier Flächen keine Ebenheit des Bildes und grosses Sehfeld erreichen kann. Will man demnach für objective astronomische Zwecke ein möglichst allen billigen Anforderungen genügendes Objectiv in Riesendimensionen ausführen, so muss man mehr als 4 Flächen und ein solches Oeffnungsverhältniss wählen, dass innerhalb des gewünschten Sehfeldes eben noch dem vom Vortragenden definirten Punktgesetze genügt wird. Eine genaue Durchrechnung kann aber erst lehren, bei welchem grössten Oeffnungsverhältniss die verschiedenen Forderungen grosser Lichtstärke für Sternspectra und grösstmöglichen Sehfeldes für Photographie zugleich erfüllt werden.

Eine solche specielle Rechnung ist aber, wie der Vortragende glaubte annehmen zu müssen und nachträglich persönlich durch Hrn. Dr. R. STEINHEIL erfuhr, noch nicht durchgeführt.

---

1) Bei dieser Gelegenheit geht der Vortragende kurz auf die Abbildung im Sinne der Wellenlehre und die aus der Beugungstheorie von RAYLEIGH, STOKES und neuerdings von KARL STREHL entwickelten Lehren ein.

2) ADOLF STEINHEIL, Ueber den Einfluss der Objectivconstruction auf die Lichtvertheilung in seitlich von der optischen Axe gelegenen Bildpunkten von Sternen bei zweilinsigen Systemen. Sitzungsber. d. math. naturw. Classe d. k. bayer. Akad. d. Wiss. **19.** p. 413—435. 1889.

Dieselbe lohnt sich auch dann erst, wenn die Gläser definitiv festgelegt sind, da sie monatelange Arbeit erfordert. Dabei muss natürlich auch auf die Dicke der Gläser und die durch dieselbe verursachte Absorption Rücksicht genommen werden. Freilich kommt es hier nicht auf die Gesammtabsorption, sondern nur auf die Absorption derjenigen Region an, für welche das Objectiv corrigirt und gerechnet werden soll.

Der Vortragende betont, dass die Verantwortung für die Ausführung des geplanten 44-Zöllers ohne vorherige Erfüllung aller dieser verschiedenen Vorbedingungen selbstverständlich von den Unternehmern zu tragen sei, von denen er seit Abgabe seines Gutachtens im Februar 1894 nicht befragt worden sei.

Die auf Veranlassung des Vortragenden von Hrn. Dr. R. Steinheil jetzt unternommenen gründlichen Durchrechnungen des Petzval'schen Typus werden lehren, bei welchem Oeffnungsverhältnis dem Punktgesetz sowohl in wie ausser der Axe genügt wird und hoffentlich bald Aufklärung geben über die verschiedenen jetzt noch nicht discussionsfähigen Leistungen eines 44-zölligen kurzbrennweitigen Riesenobjectivs.

In der dann folgenden Discussion, an der sich auch die Hrn. **F. S. Archenhold** und **W. von Bezold** betheiligten, bemerkt Hr. **J. Scheiner** zu dem Vortrage des Hrn. Lummer, dass es ihn wohlthuend berührt habe, hierdurch zum erstenmale etwas wirklich Wissenschaftliches im Zusammenhange mit dem Archenhold'schen Projecte des grossen Fernrohrs gehört zu haben und ferner die Erklärung vernommen zu haben, dass Hr. Lummer nur ein rein theoretisches Gutachten über die Möglichkeit, ein grosses Fernrohr von verhältnissmässig geringer Brennweite herzustellen, welches einem der verlangten Zwecke genügen könne, habe abgeben wollen, dass er aber gar nicht in der Lage sei, vor der Anstellung genauerer Berechnungen ein Urtheil über die praktische Brauchbarkeit des geplanten Instrumentes zu geben.

Er zeigt nun kurz, dass es unmöglich ist, alle Eigenschaften, welche das Archenhold'sche Fernrohr nach den über dasselbe erfolgten Anpreisungen besitzen soll, auf einmal zu erreichen, ja dass es unmöglich ist, auch nur eine derselben bei dem zunächst geplanten Verhältnisse 1:4 von Oeffnung

zu Brennweite zu erlangen. Als Beispiel führt Hr. Scheiner die Hinfälligkeit der Behauptung des Herrn Archenhold an, sein Fernrohr sei das lichtstärkste der Welt.

Für Flächenaufnahmen oder -Beobachtungen sind kleine Euryscope mit dem Brennweitenverhältnisse von 1 : 3 viel lichtstärker, ja für die Aufnahme von Nebelflecken — einem der wichtigsten Zwecke des Instrumentes — sind Spiegeltelescope selbst mit dem ungünstigen Brennweitenverhältnisse von 1 : 9 lichtstärker als diese Euryscope, weil bei diesen die ultravioletten Linien des Nebelspectrums durch Absorption bereits völlig unwirksam werden.

Für die Abbildung von Sternen bleibt das Archenhold'sche Fernrohr, selbst wenn unter Verzichtleistung auf ein brauchbares Gesichtsfeld wirklich punktförmige Abbildung in der optischen Axe erzeugt werden sollte, an Lichtstärke hinter dem Yerkesinstrumente zurück, schon allein infolge des vermehrten Lichtverlustes durch Reflexion an den 4 Flächen, welche das Archenhold'sche Objectiv mehr hat; die vermehrte Absorption drückt besonders bei photographischen Aufnahmen die Lichtstärke noch beträchtlich mehr zurück.

Schliesslich fasst Herr Scheiner sein Urtheil dahin zusammen, dass das Project des Herrn Archenhold in optischer Beziehung ein verfehltes sei, und dass es bei der Unkenntniss über die wichtigsten Factoren: Brechungscoefficienten, Absorptionscoefficienten etc. als völlig unreifes Project vor das Publicum und besonders vor die Physikalische Gesellschaft gebracht sei.

Herr Scheiner erklärt sich bereit, auch in eine Kritik des mechanischen Theiles des Projectes einzutreten, und bemerkt, dass der Schluss, zu dem er hierbei gelangen würde, in Bezug auf das Verfehlte und Unreife des Projectes derselbe wie beim optischen Theile sein würde.

Hr. **R. Pictet** sprach dann

Ueber kritische Temperatur.



Sitzung vom 8. März 1895.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Vor dem Eintritt in die Tagesordnung erhält Hr. **E. Lampe** das Wort.

Am Montag d. 4. März d. J. verschied nach langen und schweren Leiden Prof. Dr.

Julius Worpitzky,

der seit 1863 Mitglied der Physikalischen Gesellschaft gewesen ist. Zur Zeit, als er in dieselbe eintrat, war sie der Sammelpunkt aller jungen Physiker und Mathematiker Berlins, welche die Wissenschaft durch ihre Arbeiten zu fördern gedachten. Es war daher natürlich, dass ein Jüngling von solchen Talenten und solchem wissenschaftlichen Eifer wie Worpitzky die Mitgliedschaft der Gesellschaft erwarb. Später zog er sich jedoch infolge seiner ausschliesslichen Beschäftigung mit der reinen Mathematik und wegen seiner gehäuften Berufsgeschäfte von den regelmässigen Sitzungen gänzlich zurück und benutzte, wie so viele Mitglieder, nur noch den Lesezirkel.

Geboren am 10. Mai 1835 zu Karlsburg in Pommern, besuchte er das Gymnasium zu Anklam und erwarb dort zu Ostern 1855 das Reifezeugniss. Während der fünf ersten Semester studirte er auf der Universität Greifswald, im sechsten Semester (Winter 1857/58) in Berlin. Es folgte nun eine Periode seiner Thätigkeit als Privatlehrer, aus welcher Zeit sein Aufenthalt in Livland (1860—62) hervorzuheben ist. Von dort nach Preussen zurückgekehrt, trat er nach bestandenem Examen pro facultate docendi in das Schellbach'sche Seminar ein (1862/63) und nahm Antheil an der Herausgabe von Schellbach's „Lehre

von den elliptischen Integralen und den Thetafunctionen", für welche er, wie in der Vorrede berichtet ist, den Nachweis für die Realität der Wurzel einer grundlegenden Gleichung führte. Bald nachher (1864) wurde er als ordentlicher Lehrer am Friedrichs-Gymnasium angestellt, das damals unter KRECH's Leitung mit dem Friedrichs-Realgymnasium vereinigt war, und vier Jahre später wurde er der Nachfolger des jetzigen Stadtschulraths von Berlin, des Geheimen Regierungsraths Prof. Dr. BERTRAM, als erster Mathematiker am Friedrichs-Werder'schen Gymnasium, nachdem er ein Jahr vorher in Jena auf Grund seiner Abhandlung „Ueber die Endlichkeit von bestimmten Integralen und Reihensummen" zum Doctor promovirt war. Im Herbste 1872 wurde ihm an der Königlichen Kriegsakademie eine Lehrstelle für Mathematik übertragen. Das grosse Vertrauen, welches die vorgesetzten Behörden in ihn setzten, bekundete sich unter anderem auch darin, dass er für einige Zeit als Hülfsarbeiter in das Ministerium berufen wurde. In der Doppelstellung als Lehrer am Friedrichs-Werder'schen Gymnasium und an der Kriegsakademie hat er bis zu seinem nun erfolgten Ende treu gearbeitet; doch war er während der letzten drei Jahre seines Lebens durch eine fortgesetzte Folge verschiedener Krankheiten heimgesucht, sodass er bei der allmählichen Zerstörung seiner sonst rüstigen Kräfte in dieser Zeit nur noch wenig leisten konnte. Die Versetzung in den Ruhestand hatte er beim Magistrate von Berlin zum 1. April d. J. erbeten und erhalten. An der Königlichen Kriegsakademie versuchte er seit dem 1. October vorigen Jahres seinen dreistündigen Vortrag über Mechanik wieder aufzunehmen; vier Monate hat er ihn ohne Unterbrechung mit Aufbietung aller Energie gehalten. Zuletzt versagten aber beim Vortrage die Kräfte. Von zwei Offiziersburschen in seine

Wohnung zurückbegleitet und die drei Treppen hinaufgetragen, ist er nach mehrwöchentlichem Krankenlager einem Anfalle der Influenza erlegen, die ihn schon in den vorangehenden Jahren regelmässig ergriffen und jedesmal aufs äusserste geschwächt hatte.

Der Umstand, dass Worpitzky seine Studien hauptsächlich unter der Leitung des bejahrten Grunert in Greifswald gemacht hat, dass er dann mehrere Jahre fern von der Berührung mit jüngeren Mathematikern gelebt hat und in seiner Fortentwickelung auf sich selbst angewiesen gewesen ist, dürfte manches in der Eigenart seines Wesens und seiner Schriften erklären. Seine Arbeiten zeigen ein von angeborenem Talente getragenes, von Erfolg begünstigtes, zielbewusstes und selbständiges Streben, bekunden den heiligen Ernst seiner Forschung, verrathen aber auch an manchen Stellen den selbstbewussten Autodidacten. Er besitzt keine Scheu vor Autoritäten, sondern tritt ihnen kühn entgegen, wenn seine eigene, durch ernstes Nachdenken gewonnene Ueberzeugung gegen ihre Lehren streitet; andererseits kann man bei ihm die Berücksichtigung der Schöpfungen seiner Vorgänger vermissen und einen Mangel an Vertiefung in die Leistungen derselben oder an liebevollem Eingehen auf ihre Denkarbeit beklagen. Die Grundbegriffe der Mathematik prüft er mit philosophischem Blicke und kommt daher von selbst dazu, sich angelegentlich mit philosophischen Fragen zu beschäftigen. Diese Eigenschaften verleihen seinen Veröffentlichungen, besonders aber seinen „Elementen der Mathematik“ ihren eigenthümlichen Reiz und haben ihnen viele Anerkennung verschafft, aber auch lebhaften Widerspruch hervorgerufen. Jedenfalls haben diese Elemente keine grössere Verbreitung als Lehrbücher zum Unterrichte auf Schulen gefunden. Gerade der philosophische Anstrich derselben und die nicht immer leicht durchsichtige, ob-

schon wohl überdachte, etwas fremdartige Fassung der Sätze haben die Lehrerwelt abgehalten, sie den Schülern in die Hand zu geben. Zum Zwecke der Belehrung für die Lehrer sollten sie in den Schulbibliotheken jedoch vorhanden sein.

In Uebereinstimmung mit dem Charakter seiner Schriften ging Worpitzky bei seiner Lehrerthätigkeit vor allem darauf aus, seinen Schülern den folgerichtigen Zusammenhang des Aufbaues der Mathematik zu einem streng logischen System klar zu machen; die Fertigkeit im Lösen von Aufgaben suchte er nur insoweit zu fördern, als dadurch jener höhere Zweck dem Schüler näher geführt wurde, eine Ansicht, über die er mit Schellbach sich nicht einigen konnte. Dieses Ziel wird auf Schulen meistens wohl nur bei einer kleinen Anzahl von Schülern zu erreichen sein, obwohl es in der That das Ideal eines auf wissenschaftlicher Grundlage beruhenden mathematischen Unterrichtes ist, und sicherlich wird der darauf ausgehende Lehrer stets seinen Schülern Hochachtung vor der ersten sich vor ihm entfaltenden reinen Wissenschaft einflössen. Wenn von Seiten des Lehrers dann noch jugendliche Begeisterung für seinen Stoff hinzutritt, so wird er gewiss erfreuliche Erfolge erzielen. An der Königlichen Kriegsakademie, wo der Schreiber dieser Zeilen während 20 Jahre als College des Verstorbenen Gelegenheit hatte, sein Wirken zu beobachten, hat Worpitzky in der That ein ihn beglückendes Verständniss für seine Vortragsweise gefunden.

Wie die nachfolgende Liste der Veröffentlichungen zeigt, bewegen sich die wissenschaftlichen Abhandlungen Worpitzky's auf dem Gebiete der Functionentheorie, und er begegnet sich bei seinen Untersuchungen öfter mit Briot und Bouquet; hierauf pflegte er in der Unterhaltung gern hinzuweisen, um die Priorität



mancher Ergebnisse für sich in Anspruch zu nehmen, wie dies bei der Eigenart seiner Arbeit sehr wohl glaublich war. Hier sei dieser Umstand nur erwähnt, um dadurch zu zeigen, dass er mit seinen Arbeiten mitten im Gedankenkreise der schöpferischen Mathematiker stand. Sein reichhaltiges Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung hat, wie die Elemente der Mathematik, reichlich Lob von der einen Seite, Tadel von der anderen erhalten, verdient aber wegen vieler Vorzüge eine grössere Verbreitung, als es gefunden hat. Denn das Ansehen auch dieses Buches hat unter der eigenthümlichen Form gelitten: es soll nicht den Vortrag begleiten, sondern nach Beendigung desselben zur Wiederholung den ganzen Inhalt in streng logischem Zusammenhange, daher vielfach in ganz anderer Folge vorführen, als dies bei einem ersten Vortrage geschehen kann. So wird die Integration gleichzeitig mit der Differentiation behandelt, und auch dieses grösste und bedeutendste Werk des Dahingeschiedenen zeigt somit überall die selbständige Eigennatur seines Verfassers.

In den letzten Jahren seines Lebens verlangte seine Doppelstellung als Lehrer zweier Anstalten den vollen Aufwand seiner allmählich sich erschöpfenden Kräfte. Noch auf dem letzten Krankenlager entwarf er jedoch Pläne für weitere wissenschaftliche Arbeiten, die er in der Musse des Ruhestandes ausführen wollte. Er wusste nicht, dass der Todesengel schon seine Schatten über ihn breitete, während er über seine neuen Entwürfe sann. Langsam schwanden seine Kräfte, bis er entschlummerte. Mit ihm ist eine bedeutende Persönlichkeit aus dem Kreise der Berliner Lehrer geschieden. Ehre seinem Andenken!

Die Anwesenden erheben sich zu ehrendem Gedächtniss des Verstorbenen von den Sitzen.

Liste der Veröffentlichungen von Worpitzky.

I. Bücher.

1. Elemente der Mathematik für gelehrte Schulen und zum Selbststudium. Berlin, Weidmann. Erstes Heft: Die Arithmetik. 1872. — Zweites Heft: Algebra, Combinationslehre nebst Wahrscheinlichkeitsrechnung, Kreisfunctionen nebst Trigonometrie. 1872. — Drittes und viertes Heft: Planimetrie. 1874. — Fünftes Heft: Stereometrie. 1883.

2. Lehrbuch der Differential- und Integralrechnung. Berlin, Weidmann. 794 S. gr. 8°. 1880.

II. Abhandlungen.

1. Beitrag zur Integration der Riccati'schen Gleichung. Greifswald, 1862.

2. Ueber die Entwickelung der monodromen und monogenen Functionen durch Kettenbrüche. Erste Folge. Progr. Friedr.-Gymn. Berlin, 1865.

3. Ueber die Endlichkeit von bestimmten Integralen und Reihensummen. Jenenser Inaug.-Dissert. Berlin, 1867.

4. Beiträge zur Functionentheorie. Progr. Friedr. Werder'sches Gymn. Berlin, 1870.

5. Ueber das bestimmte Integral

$$\int_0^{2\pi} \frac{d\varphi}{A + B\cos\varphi + C\sin\varphi},$$

in welchem A, B, C beliebige (reelle oder complexe) Constanten sind. Arch. für Mathemat. u. Phys. LV, p. 59—64. 1873.

6. Ueber die Grundbegriffe der Geometrie. Arch. für Math. u. Phys. LV, p. 405—421. 1873.

7. Auswerthung des Integrals

$$\int_0^\infty \frac{x^{a-1}}{x+\mu}\, dx.$$

Zeitschr. für Math. u. Phys. XIX, p. 90—92. 1874.

8. Ueber die Wurzeln der Gleichungen. Berlin, 1877.

9. On the roots of equations. Analyst V, p. 51—52. 1878.

10. Ueber die Verallgemeinerung der partiellen Integration. Zeitschr. für Mathemat. u. Phys. XXIII, p. 407—408. 1878.

11. Zahl, Grösse, Messen. Festschr. Friedr.Werder'-sches Gymn. 16 S. 8°. 1881.

12. Studien über die BERNOULLI'schen und EULER'-schen Zahlen. Journ. f. d. reine u. angew. Math. XCIV, p. 203—233. 1883.

13. Ueber die Partialbruchzerlegung der Functionen mit besonderer Anwendung auf die BERNOULLI'schen. Zeitschr. für Math. u. Phys. XXIX, p. 45—54. 1884.

14. Ueber die ganzzahlige Bestimmung von

$$\sqrt{b^2-a^3} \quad \text{und} \quad \sqrt[3]{b+\sqrt{b^2-a^3}}$$

bei der Auflösung der cubischen Gleichungen. Zeitschr. für math. u. naturw. Unterr. XVI, p. 578—582. 1885.

15. Ueber die pythagoreischen Dreiecke. Ebd. XVII, p. 256. 1886.

16. Zur Aufstellung quadratischer Gleichungen $x^2 \pm ax \pm b = 0$, deren Wurzeln bei jeder Combination der Vorzeichen von a und b rational sind. Ebd. XVII, p. 257,499—501. 1886.

17. Ueber die realen Lösungen der Gleichung $a^a = b^2 + c^2$. Ebd. XVIII, 168—177. 1887.

Hr. **W. Wien** sprach

Ueber pyrometrische Messungen.

Der Inhalt des Vortrages wird später nach Abschluss weiterer Versuchsreihen veröffentlicht werden.

Hr. **W. von Uljanin** (a. G.) sprach

Ueber die Polarisation der schief emittirten Strahlen.

Arago[1]) war der erste, welcher bemerkte, dass das von glühendem Platin schief emittirte Licht theilweise polarisirt sei und zwar senkrecht zu seiner Emissionsebene. Er sieht darin einen Beweis, dass das ausgestrahlte Licht nicht nur von der Oberfläche, sondern auch von den inneren Theilchen stamme. — Wohl am meisten mit dieser Erscheinung haben sich dann De la Provostaye und Desains[2]) beschäftigt. Sie maassen mittelst einer Thermosäule und eines Glimmersatzes den Procentgehalt des von glühendem Platin senkrecht zur Emissionsebene polarisirten Lichtes und benutzten ihre Resultate zur Prüfung eines als Hypothese zuerst von Fourier,[3]) später von Biot[4]) und Poisson[5]) angewandten Satzes, dass nämlich ein aus dem Innern des Körpers auf die Oberfläche gelangender Strahl genau im gleichen Verhältniss in einen reflectirten und hindurchgehenden Strahl getheilt wird, wie ein von aussen auf die Oberfläche fallender Strahl. Merkwürdigerweise wurde dabei keine Brechung, d. h. keine Richtungsänderung beim Austritt angenommen.

Zur Prüfung dieser Hypothese maassen De la Provostaye und Desains noch die Reflexion eines parallel und senkrecht zur Einfallsebene polarisirten Strahles von demselben Platinblech und fanden im Allgemeinen dieselbe bestätigt.

---

1) Arago Oeuvres compl. deutsche Uebers. VII. p 335. 1860.

2) De la Provostaye & Desains, Ann. d. Ch. et d. Ph. III, 32. p. 112. 1851.

3) Fourier, Ann. Ch. et Ph. II, 27. p. 237. 1824.

4) Biot, Traité de Physique IV. p. 648.

5) Poisson, Ann. Ch. Ph. II. 26. p. 225. 1824.

In seiner Abhandlung über Emission und Absorption sagt KIRCHHOFF[1]), man könne den Polarisationszustand des von einem Körper ausgestrahlten Lichtes berechnen, wenn man nur die Gesetze der Reflexion von diesem Körper kenne. Denn aus der Gleichheit der Emission und Absorption folge, dass der Polarisationszustand des emittirten Lichtes gleich sein müsse demjenigen des von aussen hineingebrochenen, unter der Voraussetzung, dass der Körper eine genügende Dicke habe, um alles hineingebrochene Licht zu absorbiren.

MAGNUS[2] machte eine Reihe von Messungen an verschiedenen festen und flüssigen Körpern, meist nur bei einem Emissionswinkel von 55 Grad, und fand Polarisation bei reflectirenden, keine aber bei vollständig matten oder berussten Oberflächen.

In einer früheren Arbeit[3]) berechnet er nach den FRESNEL'schen Formeln die Gesammtintensität des aus einem strahlenden Körper hinausgebrochenen Lichtes und da dieses nicht proportional ist dem Cosinus des Emissionswinkels, so schliesst er, dass das LAMBERT'sche Strahlungsgesetz für glatte, d. h. regelmässig reflectirende Körper nicht gelten könne.

In verhältnissmässig neuerer Zeit wurden Strahlungsversuche an glühendem Platin zur Prüfung des LAMBERT'schen Cosinusgesetzes von MÖLLER[4]) angestellt. Seine mit dem WILD'schen Photometer angestellten Versuche ergaben bis auf 0,5 Proc. die Richtigkeit dieses Gesetzes für glattes Platin. Es finden sich in dieser Arbeit auch einige Messungen des Polarisationszustandes, welche aber vom Verfasser selbst für nicht besonders genau gehalten werden.

Endlich machte VIOLLE[5]) eine eingehende Untersuchung des Polarisationszustandes des von der Oberfläche von geschmolzenem Silber ausgestrahlten Lichtes mittelst des Photopolarimeters von CORNU. Er stellte eine empirische Formel auf, welche seine Resultate ziemlich genau wiedergibt.

Wie bereits erwähnt, verlangt das KIRCHHOFF'sche Gesetz

---

1) KIRCHHOFF, Pogg. Ann. 109. p. 275. 1860.
2) MAGNUS, Pogg. Ann. 134. p. 45. 1868.
3) MAGNUS, Pogg. Ann. 127. p. 600. 1866.
4) MÖLLER, Wied. Ann. 24. p. 266. 1885.
5) VIOLLE, C. R. 105. p. 111. 1886.

unter Voraussetzung einer genügenden Dicke des strahlenden Körpers, dass der emittirte Strahl gleich sei dem von aussen hineingebrochenen. Da aber die Intensität eines gebrochenen Strahles die gleiche ist, ob er von aussen in den Körper oder aus dem Körper hinausgebrochen wird, so können wir die bei schiefer Ausstrahlung auftretende Polarisation als eine Folge der Brechung beim Austritt auffassen.

Diese Beziehung habe ich nun an dem vorhandenen Material von De la Provostaye und Desains und Violle geprüft und habe selbst einige Messungen an Platin und schwarzem Glase ausgeführt.

Ich will kurz meine Versuchsanordnung beschreiben. In ein Stativ, welches um eine verticale Axe drehbar war, wurde ein Streifen glatten Platinbleches horizontal mittelst einer Feder gespannt und durch einen elektrischen Strom zum Glühen gebracht. Mit einer Steinsalzlinse wurde ein reelles Bild des Streifens auf den Spectrometerspalt geworfen. Zwischen Linse und Spectrometer war der Polarisator eingeschaltet. Derselbe bestand aus einem Satze von drei sehr dünnen Glimmerplatten, dessen Normale mit der Richtung des Strahles einen Winkel von 62 Grad bildete. Die Drehungsaxe des Polarisators war so centrirt, dass sie mit dem Strahl zusammenfiel. Die Wirkung dieses Polarisators wurde wiederholt mit Hülfe eines Glan'schen Prismas gemessen und ergab immer eine Polarisation von 55 bis 56 Proc. Das Spectrometer war ein Spiegelspectrometer mit Fluoritprisma und Bolometer. Das Stativ mit dem Platinstreifen, die Linse und der Polarisator waren auf einer optischen Bank verschiebbar.

Die Beobachtung geschah auf folgende Weise. Der Platinstreifen wurde so um die verticale Axe gedreht, dass er den gewünschten Winkel mit der Richtung des Strahles machte, und die Ausschläge des Galvanometers gemessen für die vier Hauptlagen des Polarisators. Das Bolometer war auf die Wellenlänge 3 μ eingestellt. Selbstverständlich wurde auch die durch die zweimalige Brechung im Fluoritprisma auftretende Polarisation berücksichtigt.

Um auch einen relativ durchsichtigen Körper zu prüfen, auf den die Fresnel'schen Formeln anwendbar sind, nahm ich eine 7 mm dicke schwarze Glasscheibe und drückte sie



auf eine dicke geschliffene Kupferplatte, welche von hinten mit drei Bunsenbrennern erhitzt wurde. Ich hatte mich vorher überzeugt, dass diese Glasplatte von der dahinter befindlichen Kupferplatte keine Strahlen zum Bolometer hindurchliess, so dass alle jetzt auf's Bolometer kommenden Strahlen aus dem Innern des Glases stammten. Zur Abhaltung der Strahlen vom überstehenden Kupferrand war ein Metallschirm mit Wasserspülung angebracht.

In folgenden Tabellen sind die Resultate enthalten.

I. Silber.

Emissionswinkel		20°	30°	40°	45°	50°	60°	65°	70°
Procentgehalt des pol. Lichts	berechnet	6,5	14,2	23,8	31,6	39,4	54,5	62,4	69,7
	beob. v. Violle	—	16,8	—	33,0	38.3	54,6	63,0	70,8

II. Schwarzes Glas.

Emissionswinkel		40°	50°	60°	70°
Procentgehalt des polar. Lichts	berechnet	2,9	5,2	8,5	14,0
	beobachtet	2,4	5,2	8,3	12,5

III. Platin.

Emissinswinkel	Beobachtet									berechnet	beob. nach starkem Glühen des Pt-Bleches
	Verhältnis der Galvanometerausschläge							Procentgeh. des polar. Lichts			
	I	II	III	IV	V	VI	Mittel	meine Beob.	De la Pr. u. Des.		
20°	1,13	1,07	1,13	1,13	1,12	1,15	1,12	5,7	—	5,4	—
30°	—	—	—	—	1,23	—	1,23	10,4	6,5	12,4	9,5
40°	1,57	1,58	1,64	1,50	1,54	1,48	1,55	21,6	26,0	22,1	17,0
50°	2,03	2,11	2,09	2,03	2,00	2,34	2,10	35,5	—	35,1	29,1
60°	3,04	3,44	2,88	2,99	2,71	2,85	3,00	50,0	51,0	50,6	42,9
70°	—	—	—	—	—	—	—	—	70,0	66,7	57,5

Bei den Metallen wurden zur Berechnung die Metallreflexionsformeln in der Form, wie sie sich in KIRCHHOFF's Vorlesungen über Optik[1]) finden, und die DRUDE'schen[2]) Metallconstanten für rothes Licht benutzt. Da die Versuche am Glase für eine Wellenlänge von ca. 4 μ ausgeführt werden

1) KIRCHHOFF, Vorles. über math. Optik. 10. Vorl.
2) DRUDE, Wied. Ann. 39. p. 504. 1890.

mussten, um nicht gar zu kleine Ausschläge im Galvanometer zu haben, und der Brechungsexponent für diese Wellenlänge wegen der starken Absorption direct kaum zu messen ist, so verfuhr ich folgendermaassen. Ich berechnete aus dem Polarisationswerth für den Emissionswinkel 50 Grad den Brechungsexponenten und benutzte ihn dann zur Berechnung der Polarisation für die anderen Winkel. Derselbe ergab sich zu 1,43. Messungen mit den Totalreflectoren an demselben Stücke schwarzen Glases für Natriumlicht ergaben den Werth 1,52.

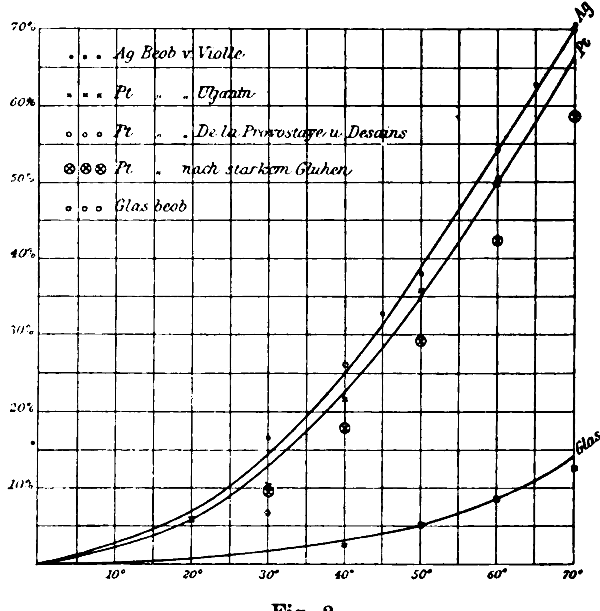


Fig. 2.

Im Vergleich mit der Dispersion des Flintglases[1]) ist dieser Brechungsexponent für 4 μ annehmbar.

Zur grösseren Anschaulichkeit sind die Resultate graphisch aufgezeichnet. Die ausgezogenen Curven sind die berechneten, die dazu gehörigen Punkte stellen die Beobachtungen dar.

Wie man sieht, stimmen die Beobachtungen mit den berechneten Curven gut überein, meine Beobachtungen an Platin besser als die von De la Provostaye & Desains. Von vorn-

1) Rubens, Wied. Ann. 53. p. 277. 1894.

herein musste man erwarten, dass die VIOLLE'schen Messungen an Silber besser der Theorie entsprechen würden, als meine Beobachtungen an Platin, da dieselben nach einer optischen Methode für sichtbare Strahlen angestellt sind, für welche auch die benutzten Metallconstanten gelten sollen. Der Umstand nun, dass meine für die Wellenlänge 3 μ angestellten Messungen an Platin bei Benutzung der Metallconstanten für rothes Licht mit der Theorie gut übereinstimmen, deutet darauf hin, dass Platin in diesem Gebiete eine sehr schwache Dispersion besitzt.

Wenn die Platinoberfläche nicht ganz glatt ist, so ist, wie schon MAGNUS gezeigt hat, der Procentgehalt des polarisirten Lichtes bedeutend geringer. Deutlich sieht man dies an den in der letzten Spalte der Tabelle befindlichen Zahlen. Dieselben stellen die aus zwei Versuchsreihen an einem durch Erhitzen bis zur Weissgluth etwas matt gewordenen Platinbleche berechneten Werthe dar.

Ebenso wie die Beobachtungen an Silber und Platin, so bestätigen auch die wenigen Messungen am Glase die Annahme, dass die bei schiefer Emission auftretende Polarisation lediglich eine Folge der Brechung der Strahlen beim Austritt aus dem Körper ist.

Hr. **H. W. Vogel** sprach:

Ueber das sogenannte künstliche Spectrum von CHARLES E. BENHAM.

Eine halb schwarze, halb weisse Scheibe ist auf der weissen Hälfte mit Kreislinien von $^1/_8$ Kreisumfang in verschiedenem Abstand vom Mittelpunkt bedeckt[1]) und wird auf einem Farbenkreisel in mässig schnelle Umdrehung gesetzt. Die schwarzen Kreisbogenstücke zeigen sich dann als homogene Linien, aber merkwürdiger Weise nicht schwarz sondern farbig. Dreht sich die Scheibe in der Richtung eines Uhrzeigers im Tageslicht, so erscheinen die inneren Kreisbogenstücke blau bis schwarzblau, die mittleren grünlich, die äusseren röthlich; wechselt man die Drehungsrichtung, so wird die Reihenfolge

1) Die Scheiben sind zu haben bei LEPPIN & MASCHE in Berlin.

der Farben eine entgegengesetzte (aussen schwarzblau, innen röthlich).

BENHAM sucht die Farbenerscheinung dadurch zu erklären, dass eine Reihe von intermittirenden Lichteindrücken bei der Drehung am Auge vorübergingen, die den Schwingungszahlen der rothen, grünen und blauen Lichtwellen entsprächen.[1])

Dieser Gedanke ist völlig unhaltbar, indem der Farbenkreisel höchstens eine Geschwindigkeit aufweist, um mit der SAVART'schen Lochsirene den Musikton a hervorzubringen.

Zur Hervorbringung des tiefsten Farbentons (Roth) aber gehören Billionen mal so viel Schwingungen. Noch auffälliger ist, dass bei beschleunigter Drehung die bemerkten Farben sich nicht zeigen, sondern es erscheint nur ein neutrales, schwach tingirtes Grau.

LIVEING[2]) erklärt deshalb die Erscheinung aus der bekannten Thatsache, dass die Dauer des Lichteindrucks für verschiedene Farben verschieden sei; ebenso aus der Annahme, dass das Auge verschiedene Farben verschieden schnell empfinde. Wenn das Schwarz dem Weiss nachfolge, so bleibe der Eindruck des Blau etwas länger als der der anderen Farben.

Die rothe Farbe, welche erscheint, wenn Weiss dem Schwarz folgt, ist dem schnelleren Eindruck des Roth zuzuschreiben.

Wenn Weiss und Schwarz rasch aufeinander folgen, so wird der neue Eindruck des weissen Theiles sich geltend machen, ehe der des Vorgängers verschwunden ist, und ein Farbengemisch herauskommen von neutraler Tinte. Nach LIVEING's Eindrücken war das Residuum beim plötzlichen Abschneiden weissen Lichts zuerst grün, abblassend in etwas Blau und Schieferfarbe. BENHAM dagegen behauptet, dass die Farben auch in der Sodaflamme erschienen und hält seine Theorie aufrecht.[3])

GREEN[4]) erinnert an die von HELMHOLTZ[5]) beschriebene Erscheinung: Eine Scheibe mit schwarzen und weissen Sectoren erscheint beim Rotiren als wie mit hexagonalen Flecken bedeckt.

1) BENHAM, Nature 29. Nov. p. 113. 1894.
2) LIVEING, Nature 13. Dez. p. 167. 1894.
3) BENHAM, Nature 27. Dez. p. 200. 1894.
4) GREEN, Nature 31. Jan. p. 321. 1895.
5) HELMHOLTZ, Phys. Opt. p. 23. 1866.

Jeder dieser Flecke ist dunkel, heller im Centrum und von einem rothen Faden umgeben. Das Feld der Scheibe erscheint in einem grünen Hauch, welcher gegen den gelben Fleck (im Auge) fliegt.

ABNEY [1]) hat bei verschiedenfarbigen Beleuchtungen Experimente mit BENHAM's Scheiben gemacht. Er sagt, keine von den Farben ist rein, sondern gemischt mit einer gewissen Quantität Weiss und mit einem dunklen Hintergrund. Das Violett dauert am längsten, was mit der Erfahrung stimmt. Seine Erklärung kommt auf LIVEING's hinaus (s. o.).

Wir haben es also hier zweifellos mit einer Erscheinung zu thun, die sich durch die bekannten Beobachtungen von HELMHOLTZ u. A. über das Anklingen und Abklingen der Farben genügend erklären lässt. Der Ausdruck „artificial spectrum" ist unhaltbar.

Sitzung vom 22. März 1895.

Vorsitzender i. V.: Hr. M. PLANCK.

Hr. **H. Rubens** demonstrirte

Ein neues Galvanometer für Gleichstrom und Wechselstrom.

Hr. **A. Raps** sprach dann

Ueber einen neuen Bremsregler für synchrone Bewegungen.

Nachdem der Vortragende die Nachtheile der Regulirvorrichtung bei dem sonst so vorzüglich ausgearbeiteten Typendruck-Apparat von Professor HUGHES hervorgehoben hat, welche ausser in der Zerbrechlichkeit und raschen Abnutzung des Regulators und der Bremse in einem sehr unangenehmen durch die Unsymmetrie des Kegelpendels hervorgerufenen Schleudern des ganzen Apparates bestehen, demonstrirte derselbe einen neuen Regulator, welcher die gerügten Fehler vermeidet, sehr ruhig arbeitet und einen Isochronismus besitzt, welcher denjenigen des HUGHES'schen Regulators noch übertrifft.

1) ABNEY, Nature 24. Jan. p. 292. 1895.

Vor der Erläuterung und Demonstration des Regulators ging der Vortragende kurz auf die Theorie der sog. isochronen Kegelpendel ein.

Ein gewöhnliches Kegelpendel kann wohl zur Regulirung eines Uhrwerkes dienen, in welchem die Kräfte nicht sehr wechseln, da aber in der bekannten Formel, welche die Umlaufzeit des Kegelpendels bestimmt

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g} \cos \alpha}$$

der Ausschlagswinkel α als Variable hineingeht, ist das Pendel kein im eigentlichen Sinne isochrones, es kann vielmehr für jede Geschwindigkeit eine Gleichgewichtslage annehmen. Den genialen Constructionen von FOUCAULT und von VILLARCEAU gelang es jedoch, den Polychronismus dadurch zu beseitigen, dass sie Gegengewichte anbrachten, welche der Schwere der Regulatorkugeln passend entgegenarbeiten. Diese Vorrichtungen kommen hier wegen ihres zarten Baues jedoch nicht in Betracht.

Professor HUGHES hat den Isochronismus seines Regulators dadurch erreicht, dass er bei seinem Kugelpendel die Wirkung der Schwere durch starke elastische Kräfte ersetzte.

Fig. 3.

Die Theorie des neuen Re[illegible]lators ergiebt für di[illegible] dauer desselben die Gleichung

$$T = [illegible]$$

wobei m die Schwungmas[illegible]
Abstand der Kugeln v[illegible]

B und *D* Breite und Dicke der Federn bedeuten. Die Schwingungsdauer ist demnach unabhängig von der Ausschlagsweite des Regulators, also ist derselbe isochron.

Der neue Bremsregler besteht aus (s. Fig.) einer Axe *a*, welche oben ihre Führung in der glasharten, leicht auswechselbaren Stahlplatte *b* hat und sich unten mit einer verrundeten Fläche auf die harte Schraube *c* auflegt. Durch das conische Zahnrad *r* wird der Regulator in Umdrehung versetzt. An der Axe sind die Stifte *f*, *f'*, welche die Kugeln *K*, *K'* tragen, mittelst der Lamellenfedern *m*, *m'* angeschraubt. Die Kugeln sind lose auf die Stifte *f*, *f'* aufgesteckt, sodass sie durch ihre eigene Schwere stets herunterzufallen streben. Sie werden getragen durch die Stahldrähte *d*, *d'*, welche an dem Regulirungsstift *l* befestigt sind. Dieser Regulirungsstift legt sich an seinem oberen Ende mit einem kleinen harten Ansatz an die Regulirschraube *A* an. Daher können die Kugeln während des Rotirens durch Drehen der Schraube *A* gehoben oder gesenkt werden, wodurch die Schwingungsdauer des Kegelpendels (s. Formel) entsprechend verändert wird, ohne dass die Reibung der beweglichen Theile irgendwie verändert und dadurch eine Phasenverschiebung der beweglichen Theile herbeigeführt wird. An den Siften *f*, *f'* sind die Bremspfropfen *n*, *n'* befestigt, welche bei zu grossen Ausschlägen des Regulators gegen den Bremsring *H* schleifen und dadurch die überschüssige Kraft absorbiren. Der Regulator zeichnet sich durch einen absolut ruhigen Gang aus und ist von dem Telegraphisten sehr leicht zu bedienen, da ihm die Regulirungsschraube bequem zur Hand liegt. Er lässt sich an die vorhandenen Apparate ohne Schwierigkeit anbringen, da er ein geschlossenes Ganze bildet; auch nimmt er der Hughes'schen Construction gegenüber bedeutend weniger Raum ein, was namentlich in grossen Telegraphenämtern sehr ins Gewicht fällt.

Regulatoren derartiger Construction sind seit etwa einem Jahre bei der Deutschen Reichspost im Betriebe und haben sich so gut bewährt, dass die Verwaltung der Reichspost in einen grossen Versuch mit denselben eingetreten ist.

Sitzung vom 26. April 1895.

Vorsitzender i. V.: Hr. B. Schwalbe.

Der Vorsitzende gedachte des schweren Verlustes, den die Gesellschaft durch den am vorhergehenden Tage erfolgten Tod des auswärtigen Mitgliedes

Carl Ludwig,

Professor der Physiologie in Leipzig, erlitten hat und bittet die Anwesenden, sich zum ehrenden Angedenken des Verstorbenen von den Sitzen zu erheben.

Hr. **E. Pringsheim** spricht

Ueber Elektricitätsleitung erhitzter Gase.

Der Inhalt dieses Vortrages ist bereits in den Sitzungsberichten der hiesigen Akademie der Wissenschaften veröffentlicht.

Hr. **H. E. J. G. Dubois** trägt Hrn. **von Aubel's** Versuche

Ueber das Hall'sche Phänomen

vor.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 14. Nr. 3.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 10. Mai 1895.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Der Kassenführer Hr. M. PLANCK erstattete Bericht über die Einnahmen und Ausgaben des abgelaufenen Geschäftsjahres. Es wurde ihm Entlastung ertheilt und der von ihm vorgelegte Voranschlag für das neue Geschäftsjahr genehmigt.

Nach der dann vorgenommenen Wahl erhielt der Vorstand folgende Zusammensetzung:

E. du BOIS-REYMOND: Ehrenvorsitzender

W. v. BEZOLD 1. Vorsitzender
E. WARBURG 2. Vorsitzender

B. SCHWALBE 1. Schriftführer
A. KÖNIG 2. „
R. BÖRNSTEIN 3. „
R. ASSMANN 4. „

M. PLANCK Kassenführer
W. BRIX } Kassenrevisoren
E. LAMPE }

H. RUBENS 1. Bibliothekar
E. BLASIUS 2. „

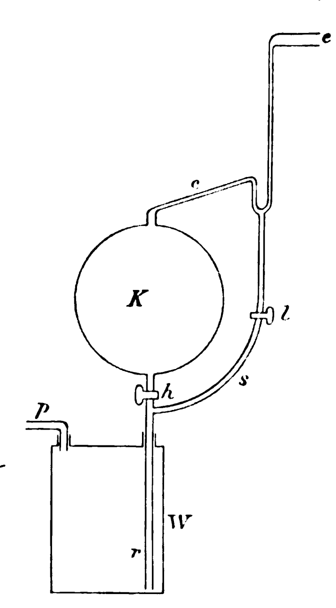
Hr. **A. König** sprach dann nach gemeinsam mit Hrn. **H. Rubens** gemachten Versuchen

über die Energievertheilung im Spectrum des Triplex-Gasbrenners und der Amylacetat-Lampe.

Hr. **F. Neesen** gab darauf eine

Vergleichung des Wirkungsgrades einer Tropfen- und einer Kolben-Quecksiberluftpumpe.

Zu den Versuchen wurden zwei selbsthätige Pumpen benutzt, deren nähere Anordnung ohne ausführlichere Zeichnungen nicht verständlich uud daher an anderem Orte gegeben wird. Die Tropfenpumpe (in ihren Grundzügen Electrotechn. Z. S. XIV. p. 719 und Z. S. für Instrumentenkunde 1894. p. 115—118 beschrieben) beruht darauf, dass sich in engen Röhren Quecksilbertropfen von zuströmendem Quecksilber losreissen und Luft vor sich hertreiben. Bei der Kolbenluftpumpe steigt Quecksilber in einen grösseren Raum C, macht denselben luftleer, sinkt dann durch eigene Schwere herunter wie bei der Geissler'schen oder den verschiedenen Arten der Töpler'schen Pumpe.



Zur Messung der erzielten Luftverdünnung benutzte ich das bekannte Verfahren, eine abgeschlossene Gasmenge zu comprimiren und aus dem beobachteten Drucke des comprimirten Gases nach dem Mariotte'schen Gesetze den des nicht comprimirten Gases zu bestimmen. Da vergleichbare Messungen nur erhalten werden, wenn sie mit demselben Messapparat bei gleichen Entfernungen von der Pumpe angestellt sind, so bediente ich mich auch für die Kolbenpumpe eines besonderen Apparates, also nicht des Raumes C selbst als Messraum.

In obiger Figur ist W eine zweihalsige Flasche, welche durch p mit einer kleinen Hülfspumpe in Verbindung steht. Durch den anderen Hals geht das Rohr r mit Hahn h, an welches sich die Kugel K von 352 ccm Inhalt, ferner das Seitenrohr s mit Hahn l anschliesst. Kugel K und Rohr s stehen wie gezeich-

net in Verbindung mit der Capillare *c*. Letztere ist bei *e* an die Quecksilberpumpe angeschmolzen. In der Flasche *W* befindet sich Quecksilber. Um zunächst aus diesem die absorbirte Luft auszutreiben, werden, nachdem die Quecksilberpumpe schon einigermaassen gearbeitet hat, die Hähne *h* und *c* geöffnet. Das aus *W* nach *K* gedrückte Quecksilber lässt man nach Schluss der Hähne *h* und *l* einige Zeit stehen, dann durch Verdünnen der Luft in *W* nach Oeffnen von *h* und *l* zurückfallen, solange bis es etwa noch 4 cm über *h* bez. *l* steht. Die Hähne werden nun geschlossen. Das über ihnen stehende Quecksilber verhindert Aufsteigen von Fettdämpfen von den Hähnen aus. Behufs Vornahme einer Messung wird zunächst *l* geöffnet, bis das Quecksilber in die Capillare *c* eingedrungen ist und so Kugel *K* von der Pumpe trennt. Darauf lässt man durch Oeffnen von Hahn *h* Quecksilber in *K* einsteigen. In *c* bildet sich eine kleine Luftblase, deren Druck gemessen wird. Nach Verdünnung der Luft in *W* und Oeffnen der Hähne in *l* und *h* fliesst das Quecksilber nach *W* zurück, sodass ein neuer Versuch vorgenommen werden kann.

In der folgenden Tabelle sind 8 Versuche wiedergegeben. *h* bedeutet die Zeit in Stunden, während welcher die Pumpe gewirkt hat, *p* den erzielten Grad der Verdünnung in Atmosphären ausgedrückt.

	h	*p*
	Kolbenpumpe	
Versuch 1	5 Std.	$6{,}76 \cdot 10^{-7}$
„ 2	7 „	$4{,}27 \cdot 10^{-7}$
„ 3	4 „	$13{,}45 \cdot 10^{-7}$
	8 „	$2{,}56 \cdot 10^{-7}$
	22 „	$3{,}97 \cdot 10^{-7}$
„ 4	10 „	$3{,}64 \cdot 10^{-7}$
	12 „	$1{,}3 \cdot 10^{-7}$
	17 „	$1{,}04 \cdot 10^{-7}$
über Nacht stehen gelassen		
		$23{,}1 \cdot 10^{-7}$

	h	p	
	Tropfenpumpe		
Versuch 5	1 Std.	18,7 . 10^{-7}	
	2 „	6,6 . 10^{-7}	
„ 6	1 „	15,2 . 10^{-7}	
	2 „	4,3 . 10^{-7}	
	4 „	3,0 . 10^{-7}	
„ 7	2 „	3,4 . 10^{-7}	
	5 „	1,2 . 10^{-7}	
	6 „	2,72 . 10^{-7}	es war die Messkugel durch eine zur Ablesung benutzte Kerze etwas erwärmt.
„ 8	3½ „	3,2 . 10^{-7}	
	6½ „	1,6 . 10^{-7}.	

In Betreff der Tropfenpumpe ist zu beachten, dass dieselbe fortwährend weiter wirkt, auch wenn die Quecksilbertropfen hart auf einanderschlagen, und in den Capillaren anscheinend gar keine Luftblasen zwischen den einzelnen Tropfen erscheinen. Dieser Zustand war etwa nach 1 Stunde bei den obigen Versuchen erreicht. Die Zahlen zeigen auch nach dieser Zeit eine stetig weitergehende Luftverdünnung.

Bei der Kolbenpumpe wird bei den höheren Graden von Verdünnung, die gemessen wurde, in der Kugel der Pumpe selbst gar keine Luft mehr angezeigt. Das aufsteigende Quecksilber schlägt gegen den Tropfen in der Capillare an, ohne dass eine Luftblase zu bemerken ist, während das Maassgefäss noch die oben mitgetheilten sehr merkbaren Luftmengen anzeigt. Daher ist, wie schon oben erwähnt wurde, aus den Luftblasen an der Pumpe selbst gar nicht zu schliessen auf den an anderen Stellen erreichten Grad von Luftverdünnung. Der Grund hierfür liegt darin, dass die Luft in den Recipienten nur unter einem minimalen Drucke steht, daher sich sehr langsam bewegt und an dieser Bewegung noch durch die Reibung an den Wänden der etwa 1 m langen Leitung zum Maassgefäss gehindert wird.

Dass bei einzelnen Versuchen Nr. 3, 4, 7 die Verdünnung schliesslich zurückgegangen ist, hat seinen Grund in der wohlbekannten Thatsache, dass die Glaswände viel Gas absorbiren und diese namentlich bei Erwärmungen abgeben. Im Beginne der Luftverdünnung wirkt die Kolbenpumpe (die benutzte hatte

einen Kugelinhalt von 800 ccm) rascher als die Tropfenpumpe; ein Verhältniss, welches sich jedoch umkehrt, sobald der Druck etwa auf 0,1 mm gesunken ist. Von da an wirkt die Tropfenpumpe rascher und absolut stärker. Weshalb dieses der Fall, erklärt sich leicht. Die Tropfenpumpe wirkt kontinuirlich, so dass in jedem Augenblicke ein gegen den Recipienten offener leerer Raum vorhanden ist, in welchen die Luft aus jenem tritt. Ausserdem wird die Luft durch die fallenden Tropfen dauernd in Bewegung gehalten. Bei der Kolbenpumpe kann nur während der kurzen Zeit, während welcher das fallende Quecksilber die Mündung des Rohres *E* freigibt, die Luft aus den anliegenden Theilen in einen leeren Raum, die Kugel *C*, treten. Wenn nun auch dieser letztere viel grösser ist, wie die kleinen Räume der capillaren Fallröhren, so reicht die Zeit nicht aus, dass die Luft aus allen Theilen des Recipienten in die entleerte Kugel vordringt. Es fehlt ferner die Erschütterung, welche die fallenden Tropfen bei der Tropfenpumpe hervorrufen.

Bei der Wahl zwischen den beiden Arten von Pumpen, würde meines Erachtens nach die Kolbenpumpe vorzuziehen sein, wenn es sich nur um Drucke bis 0 mm handelt und ferner die stossweise Wirkung dieser Art nicht hinderlich ist. Handelt es sich dagegen um grössere Verdünnungen wie bei der Herstellung von Glühlampen, so verdient eine Tropfenpumpe den Vorzug. Dasselbe ist der Fall, wenn ein stetiges Arbeiten, wie bei Destillationen nöthig erscheint. Ins Gewicht wird ferner fallen, dass die Tropfenpumpe mit einer viel geringeren Quecksilbermenge auskommt, wie die Kolbenpumpe (bei den von mir benutzten Apparaten 2,5 kg gegen 13 kg). Anscheinend ist allerdings auf der anderen Seite die Tropfenpumpe wegen der vielen Fallröhren zerbrechlicher. Ich habe indessen meine Pumpe jetzt $1^1/_2$ Jahr in Gebrauch, ohne dass die Röhren gesprungen sind. Vor äusserer Beschädigung sind dieselben durch vorgesetzte Glasscheiben zu schützen. Der Preis der beiden Pumpenarten, wenigstens derjenigen, welche oben beschrieben sind, ist der gleiche.

Sitzung vom 24. Mai 1895.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **F. Neesen** macht folgende Bemerkung in Betreff

der Aenderung der specifischen Wärme des Wassers mit der Temperatur.

In dem Berichte über eine Untersuchung der specifischen Wärme des Wassers von den Hrn. Bartoli und Stracciolі[1]) finde ich, dass bei der betreffenden Untersuchung sich ein Minimum der specifischen Wärme bis 20° herausgestellt hat. Es ist von früheren Arbeiten in dem Berichte nur auf die Arbeit von Rowland Bezug genommen, welcher auch ein solches Minimum aber bei 30° gefunden hatte. Daher erscheint es mir erwähnenswerth, dass ich aus meinen Beobachtungen[2]) für dieses Minimum genau dieselbe Temperatur wie die Hrn. Bartoli und Stracciolі, also auch 20°, ableitete.

Hr. **W. v. Bezold** sprach dann

über die Theorie des Erdmagnetismus.

Der Inhalt des Vortrages ist unter dem Titel: über Isanomalen des erdmagnetischen Potentials in den Sitzungsberichten der Berliner Akademie der Wissenschaften vom 4. April d. J. bereits veröffentlicht.

Sitzung vom 14. Juni 1895.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **F. Kurlbaum** spricht

über die neue Platinlichteinheit der Physikalisch-technischen Reichsanstalt[3]),

nach gemeinsam mit Hrn. **O. Lummer** angestellten Versuchen.

Als Lichteinheit wird diejenige Lichtmenge vorgeschlagen, welche 1 qcm glühenden Platins von bestimmt zu definirender

1) Bartoli und Stracciolі, Ann. chin. phys. (6) **29**. p. 185—288. 1886.

2) F. Neesen, Wied. Ann. **18**. p. 369—386. 1883.

3) Vgl. Bolometrische Untersuchungen für eine Lichteinheit. Von O. Lummer u. F. Kurlbaum. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. **11**. p. 1—10. 1894.

Temperatur ausstrahlt. Die Temperatur des Platins soll durch das Verhältniss zweier Strahlungsmengen definirt werden. Die eine Strahlungsmenge sei die vom Platin ausgehende gesammte Strahlung, die andere sei die durch ein bestimmtes Absorptionsmittel hindurchgelassene Theilstrahlung. Verhalten sich diese Strahlungen z. B. wie 10 : 1, so möge hierdurch die Temperatur des Platins charakterisirt sein. Das Maass für die beiden Strahlungsmengen soll die Erwärmung sein, welche ein Bolometer durch die Strahlung erfährt. Das absorbirende Mittel sei definirt als ein Gefäss mit parallelen Wänden aus Quarz von je 1 mm Dicke, welche eine Wasserschicht von 2 cm Dicke einschliessen.

Auf diese Weise soll also nur eine Temperatur, die nicht näher in Graden Celsius angebbar zu sein braucht, festgehalten werden.[1]) Bei Aufstellung dieser Lichteinheit wurde von der Annahme ausgegangen, dass das Platin jedesmal, wenn es diese Temperatur besitzt, auch die gleiche Lichtmenge aussendet. Die Richtigkeit dieser Annahme wurde experimentell bewiesen.

Die so definirte Lichteinheit wird auf folgende Weise praktisch hergestellt.

Ein Platinblech wird durch electrischen Strom geglüht, vor dem Blech steht ein Diaphragma von 1 qcm Fläche. Das glühende Blech bestrahlt durch das Diaphragma ein Bolometer, einmal mit seiner Gesammtstrahlung, ein anderes Mal mit der durch das Absorptionsmittel hindurchgelassenen Theilstrahlung. Das Verhältniss dieser Strahlungsmengen wird durch die Ausschläge des Galvanometers angezeigt. Der Strom, welcher das Platinblech zum Glühen bringt, wird so lange variirt, bis die beiden Strahlungsmengen sich wie 10 : 1 verhalten. Ist dies erreicht, so werde die Lichtmenge, welche das Platinblech senkrecht zu seiner Fläche durch das Diaphragma hindurchsendet, als die Lichteinheit betrachtet.

Zur Vergleichung der so gewonnenen Lichteinheit zogen

---

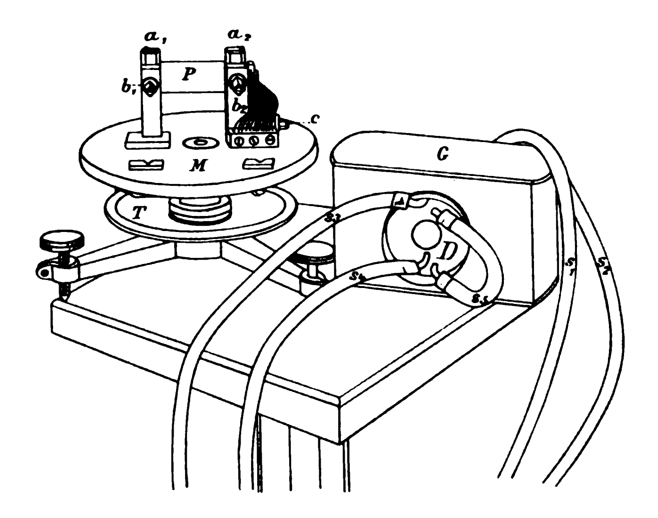
1) Es ist natürlich möglich, die Temperatur des Platins durch seine Widerstandsänderung zu messen, vgl. L. Holborn u. W. Wien, Ueber die Messung hoher Temperaturen. Wied. Ann. **56**. p. 376. 1895; bis zu einer gewissen Grenze der Genauigkeit könnte die Lichteinheit auch durch diese Temperatur definirt werden.



wir eine andere Lichtquelle heran, deren Constanz für ein längeres Zeitintervall gesichert ist. Eine solche Lichtquelle ist eine Glühlampe, deren Stromstärke constant gehalten wird.[1])

Zur Herstellung der Lichteinheit sind mehrere Apparate erforderlich.

1. Der Platinglühapparat (vgl. Figur). Derselbe besteht aus einem Dreifuss, welcher einen Theilkreis *T* und eine Marmorplatte *M* trägt. Durch die Marmorplatte sind von unten zwei dicke Kupferdrähte geführt und mit zwei Messingbalken a_1 und a_2 verbunden, welche auf der Platte stehen. An den



Messingbalken sind Klemmen b_1 und b_2 angebracht, zwischen denen das Platinblech *P* festgeklemmt werden kann. Die Platinbleche sind ungefähr 25 mm breit, 60 mm lang und 0,015 mm dick, und stehen mit der Breitseite senkrecht. Der eine Messingbalken a_2 ist in horizontaler Richtung durch die Schraube *c* verstellbar, damit das Platinblech gespannt werden kann. Der Strom wird durch eine Accumulatorenbatterie von 32 Volt geliefert und zwischen 50 und 100 Ampère variirt. In den Stromkreis sind ein Ampèremeter und drei parallel

1) Ueber die Constanz dieser Vergleichslichtquelle vgl. O. Lummer u. E. Brodhun, Vergleichung der deutschen Vereinskerze und der Hefnerlampe mittelst electrischer Glühlichter. Zeitschr. f. Instr. p. 120—126. 1890



geschaltete Ballastwiderstände, welche eine sehr feine Stromregulirung gestatten, eingeschaltet. Auf die Marmorplatte wird eine doppelwandige Metallglocke *G* gesetzt, zwischen beiden Wänden circulirt ein Wasserstrom zur Abkühlung der Glocke durch die Schläuche s_1 und s_2. Die Verticalwand der Glocke ist durchbrochen und nimmt die Messdiaphragmen *D* von 1—4 qcm auf, welche für sich wiederum eine innere Wasserspülung durch die Schläuche s_3, s_4 und s_5 besitzen.

2. Das Absorptionsgefäss. Dasselbe besteht aus einem cylindrischen Glasring, dessen Oeffnungen durch zwei parallele Quarzplatten verschlossen sind. Die Quarzplatten sind je 1 mm dick und schliessen eine Wasserschicht von 2 cm Dicke ein.

3. Das Bolometer. Das Bolometer ist das früher von uns beschriebene, und wir müssen wegen der Details auf diese frühere Abhandlung verweisen.[1]) Es unterscheidet sich von diesem nur in einem wesentlichen Punkt, die jetzigen Bolometerstreifen sind beiderseits electrolytisch mit Platinschwarz überzogen, während die früheren einseitig mittels einer Petroleumflamme berusst waren. Der Grund dieser Aenderung wird später ausführlich besprochen werden.

4. Der Fallbrettverschluss. Zwischen Platinblech und Bolometer ist ein fallbrettartiger Verschluss eingeschaltet, bei dessen Aufziehen das Bolometer bestrahlt wird. Der Verschluss hat eine innere Wasserspülung, welche ihn auf der Bolometertemperatur hält und welche mit der Wasserspülung des Messdiaphragmas communicirt.

5. Die photometrische Vergleichung. Der Platinglühapparat kann um einen rechten Winkel gedreht werden, so dass er ein Lummer-Brodhun'sches Photometer bestrahlt. Auf der anderen Seite des Photometers steht die oben als Vergleichslichtquelle erwähnte Glühlampe, mit der das glühende Platinblech in Bezug auf seinen photometrischen Effect verglichen werden kann.

Es müssen nun die Fehler, die bei der Herstellung der Lichteinheit gemacht werden können, einzeln untersucht werden.

1) O. Lummer u. F. Kurlbaum, Bolometrische Untersuchungen. Wied. Ann. **46**. p. 204—224. 1892.

1. Constanz des glühenden Platinblechs. Es fragt sich zunächst, wie kann das Platinblech auf constanter Gluth gehalten werden. Ein frei im Zimmer glühendes Platinblech zeigt bedeutende Schwankungen in der Temperatur, welche durch unregelmässige Luftströmungen entstehen. Dagegen glüht ein Platinblech unter der oben beschriebenen Glocke sehr constant, da die Luftströmungen einen gleichmässigen Verlauf nehmen. Dies wird durch die Strömungscurven an den inneren Wandungen der Glocke zum Ausdruck gebracht, an denen sich das verdampfende Platin in regelmässigen Figuren als Platinruss niederschlägt.

Nachstehende Tabelle zeigt eine Reihe von Galvanometerausschlägen, welche durch die Theilstrahlung eines Platinblechs verursacht und von Minute zu Minute abgelesen wurden.

Ausschlag in mm	Abw. vom Mittel
364,3	+ 0,9
3,8	+ 4
3,0	− 4
4,0	+ 6
3,5	+ 1
3,0	− 4
2,8	− 6
3,2	− 2
362,9	− 0,5
363,4	

Trotzdem die Abweichungen vom Mittel kleiner als 1 mm geblieben sind, so ist doch erkennbar, dass Schwankungen in der Strahlung vorhanden waren, denn bei Strahlung einer Glühlampe bleiben die Abweichungen wesentlich kleiner. Ferner zeigt die ausgewählte Reihe einen langsamen Gang, da die oberen Abweichungen fast alle positiv, die unteren alle negativ sind. Für die praktischen Versuche ist die Strahlung aber schon als genügend constant zu betrachten.

Das Platinblech nimmt diese constante Temperatur natürlich erst an, nachdem die Regulirwiderstände, welche durch den Strom stark erwärmt werden, eine stationäre Temperatur angenommen haben. Ferner bleibt die Temperatur des Platinblechs nicht über grössere Zeiträume constant, weil die Spannung der Accumulatoren sinkt und Platin vom Platinblech verdampft, wodurch dessen Widerstand zunimmt und die Stromstärke noch mehr abnimmt.

2. Benutzung der Galvanometerausschläge. Es war vorhin gesagt, dass sich die Gesammtstrahlung und Theilstrahlung z. B. wie 10 : 1 verhalten sollten, und dass dies durch das Verhältniss der Galvanometerausschläge gemessen werden sollte.[1]) Da es aber unvortheilhaft ist, mit so kleinen Galvanometerausschlägen zu arbeiten, und dazu ist man gezwungen, wenn der eine Ausschlag zehnmal so gross sein soll als der andere, so thut man besser, die beiden Ausschläge auf irgend eine Weise gleich zu machen.

Eine Methode besteht darin, das Bolometer für die Strahlung 1 in den Abstand 1 von der Strahlungsquelle und für die Strahlung 10 in den Abstand $\sqrt{10}$ zu bringen, damit die Ausschläge gleich werden. Dies wurde einfach dadurch erreicht, dass das Bolometer auf eine optische Bank gesetzt wurde, auf der es bequem um ablesbare Strecken verschoben werden konnte.

Ein zweiter Weg ist, den Strömen, welche zum Messen der Widerstandsänderungen im Bolometer benutzt werden, das umgekehrte Verhältniss 1 : 10 zu geben, so dass die Ausschläge für die Gesammt- und Theilstrahlung gleich werden. Auf diese Weise wurden sehr gute Resultate erhalten, doch ist diese Methode nur für relative und nicht für absolute Messungen anwendbar, da ja das Bolometer selbst in beiden Fällen allein schon durch den Messstrom auf eine verschiedene Temperatur gebracht wird. Für absolute Messungen darf man daher den Messstrom nicht ändern, wenn man sich nicht durch den Versuch überzeugt hat, dass das Resultat das gleiche ist wie bei der Aenderung des Abstandes. Für unsere Verhältnisse war das Resultat innerhalb eines Procentes das gleiche.

3. Versuch die Lichteinheit zu reproduciren. Um die einzelnen Fehlerquellen untersuchen zu können, müssen wir die Lichteinheit zu reproduciren versuchen und die einzelnen bestimmenden Stücke absichtlich variiren. Für diese relativen Untersuchungen können wir, wie oben erwähnt, die einfachere Beobachtungsweise wählen und den Messstrom für

1) Auf den Umstand, dass durch das Absorptionsgefäss der strahlende Körper optisch näher gerückt wird, soll hier nicht näher eingegangen werden.

die Galvanometerausschläge 1 : 10 im umgekehrten Verhältniss 10 : 1 wählen, so dass die Ausschläge gleich werden. Es wird nun zunächst das Glühen des Platinblechs so lange variirt, bis die Ausschläge vollkommen gleich sind. Dann wird der Platinglühapparat um 90° gedreht und der photometrische Effect gemessen. Es entspreche dem Verhältniss der Ausschläge v, welches zuerst gleich 1 ist, der photometrische Effect $e = 1$. Hierauf wird die Temperatur des Platins erhöht und v_1 und e_1 wiederum bestimmt. Es wurde gefunden, dass für $v_1 = 1{,}01$ $e_1 = 1{,}03$ wird, d. h. für dies Intervall ist $\Delta e / \Delta v = 3$. Einer Aenderung von v um 1 Procent entspricht also eine Aenderung von e um 3 Procent. Da wir aber mit Leichtigkeit bei einer Grösse der Ausschläge von 50 cm dieselben auf 0,1 Procent genau bestimmen können, so ist die Lichteinheit, soweit sie vom blossen Messen der Ausschläge abhängt, auf 0,3 Procent gesichert.

Uebrigens wird $\Delta e / \Delta v$ um so kleiner, je höher die Temperatur des Platins genommen wird, also wenn man von dem Verhältniss 1 : 10 zu dem Verhältniss 1 : 9 übergeht, d. h. die Methode wird um so genauer, je höher die Temperatur gewählt wird. Aus diesem Grunde wäre es wünschenswerth, wenn man statt der Platinbleche Iridiumbleche anwenden könnte, die erst bei höherer Temperatur schmelzen würden. Jedoch ist es bis jetzt noch nicht gelungen, Iridium in die Form von Blechen zu bringen.

In dem Ausdruck $\Delta e / \Delta v = 3$ steckt natürlich eine individuelle Eigenschaft des Galvanometers, die namentlich durch seine Dämpfung bedingt wird. Jede individuelle Eigenschaft des Galvanometers fällt aber fort, sobald die Ausschläge vollkommen gleich sind.

Nach diesen Auseinandersetzungen können Fehler in den Bestimmungsstücken der Lichteinheit einfach in Procenten der Lichteinheit ausgedrückt werden, damit Vorführungen von unübersichtlichen Rechnungen vermieden werden.

4. Oberflächenbeschaffenheit des Platins. Was zunächst die Platinbleche betrifft, so zeigt sich schon beim Glühen auf hoher Temperatur ein Unterschied zwischen chemisch reinen und nicht ganz reinen Blechen. Bei beiden Blechen wird die Oberfläche vollkommen blank, aber bei den

nicht reinen verdampfen die Verunreinigungen heraus, so dass die Oberfläche nicht vollkommen glatt bleibt, während die chemisch reinen fast spiegelglatt werden. Bei verschiedenen chemisch reinen Blechen blieben die Abweichungen der Lichteinheit immer unterhalb eines Procentes, bei chemisch nicht ganz reinen Blechen kamen Abweichungen von 2—3 Proc. vor. Das vorzüglich reine Platin wurde von W. C. HERAEUS in Hanau geliefert.[1])

5. Temperaturdifferenzen am Platinblech. Da das Platinblech in Luft glüht, welche erhitzt an demselben in die Höhe steigt, so ist es an seinem oberen Rande wesentlich heisser als an seinem unteren. Ein Diaphragma, welches vor das Blech gestellt wird, integrirt also über verschieden heisse Stellen. Daher haben wir mit einem Diaphragma von 1 qcm andere Resultate erhalten, als mit einem solchen von 4 qcm, jedoch waren die Abweichungen so gering, dass sie selbst bei oberflächlichem Innehalten einer vorgeschriebenen Grösse leicht vermieden werden können. Ein ähnlicher Einfluss ist vorhanden, wenn man das Diaphragma näher an dem Blech oder weiter entfernt aufstellt.

6. Ausmessung des Diaphragmas. Die absolute Grösse des Diaphragmas muss natürlich sehr genau bekannt sein, Unsere Messungen haben ergeben, dass wir den Durchmesser eines kreisrunden Diaphragmas nicht genauer als auf 0,01 mm messen können, da das Bild im Mikroskop ein einseitig begrenztes ist. Bei einem Diaphragma von 1 cm Durchmesser würde ein Fehler von 0,01 mm die Lichteinheit um ein Fünftel Procent ändern.

7. Cosinusgesetz. Um zu untersuchen, wie genau das Platinblech parallel zur Ebene des Diaphragmas stehen muss. wurde dem Platinblech die Form einer leicht gekrümmten Cylinderoberfläche gegeben. Ein Einfluss auf die Lichteinheit konnte nicht nachgewiesen werden, d. h. innerhalb der Grenzen gilt jedenfalls noch das Cosinusgesetz.

8. Das Absorptionsgefäss. Die absorbirende Schicht welche die vom glühenden Platin ausgesandten Strahlen passiren

---

1) Vergl. F. MYLIUS und FOERSTER. Ueber die Herstellung von reinem Platin. Zeitschr. f. Instrum. 1892. 96.

müssen, besteht aus zwei Quarzplatten von je 1 mm Dicke, welche eine Wasserschicht von 2 cm Dicke einschliessen. Zunächst wurden 15 planparallele optisch reine Quarze auf ihr Absorptionsvermögen für die gesammte Strahlung des Platins untersucht, sie verhielten sich alle innerhalb der Beobachtungsfehler vollkommen gleichmässig. Ein Fehler von 0,1 mm in der Quarzdicke würde die Lichteinheit erst um 0,1 Proc. ändern. Eine etwaige geringe Erwärmung des Quarzes übt keinen schädlichen Einfluss aus, da sich das Absorptionsvermögen innerhalb dieser Grenzen nicht ändert. Es muss nur dafür gesorgt sein, dass der Quarz das Bolometer fortwährend bestrahlt, so dass er nicht als neue Strahlungsquelle beim Aufziehen des Fallverschlusses erscheint; dies war immer der Fall, da das Absorptionsgefäss dicht vor dem immer offen stehenden Bolometer stand.

Dagegen muss die Dicke der Wasserschicht sehr genau bekannt sein, da 0,1 mm Dickenänderung die Lichteinheit schon um 1 Procent ändert.

Jedoch ist die Dicke der Wasserschicht genau durch die Dicke des oben erwähnten cylindrischen Glasringes bestimmt, und diese Dicke ist mit Hülfe eines vorzüglichen Sphärometers bis auf wenige μ genau gemessen. Eine Temperaturänderung des Wassers innerhalb weniger Grade ist gleichfalls ohne Belang.

9. Von der grössten Bedeutung sind die selectiven Eigenschaften des auf den Bolometerstreifen aufliegenden absorbirenden Mediums. Petroleumruss ist bekanntlich für die Wärmestrahlen mehr oder weniger durchlässig, er ist sogar schon für die längsten, sichtbaren Wellen durchlässig, da er, in dünnen Schichten auf hellem Grunde aufgetragen, rothbraun erscheint. Dies hat zur Folge, dass ein dünn berusstes Bolometer viel weniger von den Wärmestrahlen absorbirt als ein dicker berusstes, daher ist der Galvanometerausschlag beim dünn berussten Bolometer relativ viel kleiner als beim stark berussten, während sich beide im optischen Gebiete ziemlich gleich verhalten. Es lässt sich nun die Dicke der Russschicht garnicht definiren und zwei vollkommen gleich aussehende berusste Bolometer geben für die Lichteinheit leicht eine Abweichung von 10 Procent. Daher musste der Petroleumruss und ebenso



die üblichen durch andere russende Flammen erzeugten Russschichten für diese Zwecke verworfen werden.

Sehr gute Resultate wurden nach umfangreichen Versuchen mit electrolytisch niedergeschlagenem Platinschwarz erhalten. Es zeigte sich zwar, dass Platinschwarz, welches aus Lösungen verschiedener Concentration, oder mit anderer Stromstärke oder Electrodenspannung, oder in dickerer Schicht hergestellt ist, noch verschiedene Resultate giebt, allein in diesem Fall sind es Alles Grössen, welche sehr gut definirbar sind.

In dem oben citirten Academiebericht ist ein Recept für eine Platinchloridlösung angegeben, mit welchem gute Resultate erzielt wurden. Bei weiteren Versuchen mit demselben Recept stellte sich heraus, dass chemisch reines Platinchlorid nicht anwendbar war; es bildete sich zwar Platinmoor, jedoch wurde das Moor vom aufsteigenden Wasserstoff in der Lösung herumgewirbelt und haftete nicht an der Electrode fest. Absichtliche Verunreinigungen führten zunächst nicht zur Auffindung der nothwendigen Verunreinigung. Dagegen wurde durch eine anderweitige Ueberlegung eine Methode gefunden, welche unter allen Umständen eine stets gleichmässige und gut definirbare Platinmoorschicht giebt.

Bekanntlich entsteht bei Berührung einer Platinchloridlösung mit einigen Metallen, z. B. Kupfer oder Blei eine Moorlegirung, welche aus dem Moor des Platins und des anderen Metalls besteht, und welche sich stets leicht und unmittelbar bei der Berührung der Flüssigkeit mit dem anderen Metall bildet. Dagegen ist die Bildung des Platinmoores aus Platinchlorid durch Electrolyse eine sehr zweifelhafte und unsichere und von Umständen abhängig, die nicht vollkommen aufgeklärt sind. Es lag daher nahe, den Process der Moorbildung dadurch einzuleiten, dass die Bolometerstreifen zunächst mit einer sehr dünnen Kupferschicht electrolytisch überzogen wurden, und auf dieser Schicht erst das Moor niederzuschlagen. Die so erzeugte Moorschicht war aber ungleichmässig und schmutzig grün.

Ein vorzügliches Resultat erhält man dagegen, wenn man die Neigung des Kupfers für Moorbildung in anderer Weise benutzt, indem man das Kupfer in statu nascendi wirken lässt.

Fügt man nämlich zu einer Platinchloridlösung eine sehr geringe Menge Kupfervitriol, z. B. ein Procent des Platinchlorids, hinzu, so bildet sich bei der Electrolyse stets eine sehr gute Platinmoorschicht. Noch besser und schneller gelingt dies durch einen geringen Zusatz von Bleiacetat.

Die verschiedensten Lösungen, welche zur Electrolyse benutzt waren und sonst kein Platinmoor bildeten, gaben schon innerhalb fünf Secunden ein vorzügliches Moor, wenn zu dem Platinsalz ein Procent des Bleisalzes hinzugefügt war.

Vor allen Dingen aber ist dieser absorbirende Ueberzug durch die Daten der Electrolyse definitionsfähig, und er besitzt bestimmte optische und thermische Eigenschaften. Es wurden nun die besten Bedingungen für die Electrolyse in Bezug auf Volt, Ampère, Concentration der Lösung, Dicke der Moorschicht, u. s. w., gesucht, und die Genauigkeitsgrenzen bestimmt, welche bei der Herstellung innegehalten werden müssen Hierbei stellte sich heraus, dass die selectiven Eigenschaften des Moores zwar mit diesen Bestimmungsstücken variiren, dass aber bei der Herstellung die Grenzen relativ leicht so innegehalten werden können, dass immer wieder eine Moorschicht mit stets gleichen Eigenschaften entsteht.

Die absorbirende Schicht auf den benutzten Bolometern welche eine Gesammtoberfläche von acht Quadratcentimetern besitzen, wurde durch folgende Bestimmungsstücke definirt.

Die electrolytische Lösung besteht aus 1 Theil Platinchlorid auf 30 Theile Wasser, hierzu wird soviel Bleiacetat hinzugesetzt, dass auf 4000 Theile Wasser 1 Theil Bleiacetat kommt. Die Temperatur der Lösung beträgt 20 Grad. Als Electrodenspannung werden 4 Volt, als Stromstärke 0,25 Ampère benutzt. Die Dauer der Electrolyse beträgt 2 Minuten. Die Bolometerstreifen stehen zwischen zwei positiven Electroden so dass sie von beiden Seiten zugleich berusst werden. Die Oberfläche der Bolometer ist jederseits 4 qcm gross.

Es wurden mehrere Bolometer nach demselben Recept mit Platinschwarz überzogen und die grösste Abweichung, welche bei Reproduction der Lichteinheit vorkam, betrug 0,6 Proc. Die Dicke des auf dem Bolometerstreifen während zweier Minuten niedergeschlagenen Platins würde 1 μ sein, wenn es sich als festes Platin niedergeschlagen hätte, die



wirkliche Dicke des lockeren Platinschwarz ist nicht gemessen. Diese Bolometer waren, wie gesagt, nur 2 Min. lang electrolytisch überzogen, setzte man nun ein solches Bolometer nachträglich der electrolytischen Wirkung noch eine Minute aus, so wurden die Ausschläge etwa um 6 Proc. kleiner, die Empfindlichkeit sank also, weil die zu erwärmende Masse des Bolometers vergrössert war. Das Verhältniss der Ausschläge für Gesammt- und Theilstrahlung änderte sich aber auch ein wenig in dem Sinne, dass der Ausschlag für die Gesammtstrahlung relativ etwas grösser blieb. Der Grund dafür liegt wohl darin, dass auch das Platinschwarz für die Wärmestrahlung etwas durchlässig ist, und dass daher eine dickere Schicht mehr absorbirt als eine dünnere Schicht, in Folge dessen ruft die Gesammtstrahlung, welche alle dunkeln Wärmestrahlen mit enthält, einen relativ grösseren Ausschlag hervor als die Theilstrahlung, bei welcher der grösste Theil der dunkeln Wärmestrahlen ausgeschlossen ist. Die Aenderung der Lichteinheit bei Aenderung der Dicke der Platinschwarzschicht um 50 Proc. betrug nur 2 Proc., so dass von dieser Seite kein Fehler zu befürchten ist. Derselbe Vorgang trat bei den anderen Bolometern in vollkommen gleicher Weise wieder ein und konnte durch weitere Verdickung des Platinschwarz mehrmals wiederholt werden.

Zwei vollkommen gleiche Bolometer konnten dadurch ungleich gemacht werden, dass die Dicke der absorbirenden Schicht um 50 Proc. geändert wurde. Darauf konnten beide wiederum vollkommen gleich gemacht werden, indem man auch die Dicke der Schicht auf dem anderen Bolometer um 50 Proc änderte.

In gleicher Weise wurden die anderen Bestimmungsstücke des electrolytischen Vorganges untersucht und die Abhängigkeit der Lichteinheit von denselben bestimmt. Diese Untersuchungen sind nicht angestellt, um das Gesetz der Abhängigkeit zu finden, sie sollen nur zeigen, dass die Bestimmungsstücke mit Leichtigkeit so genau innegehalten werden können, wie es die Reproduction der Lichteinheit verlangt.



Tabelle.

Aenderung	Aenderung der Lichteinheit um
der Electrodenspannung um 15 %	4 %
" " " 4 %	0,1 %
der Stromintensität um 11 %	1,7 %
der Concentration der Platinchlorid-lösung um 33 %	1,5 %
der Temperatur der Lösung um 10 Grad	1,3 %
der Zeit der Electrolyse um 50 %	1,8 %.

Wie man sieht, ist die Lichteinheit zwar von den Bestimmungsstücken abhängig, doch in sehr geringem Grade. Auffallend ist die grosse Aenderung der Lichteinheit bei Verkleinerung der Electrodenspannung von 4 Volt auf 3,4 Volt. Dies liegt daran, dass man sich in der Nähe der Spannung befindet, bei welcher die äusserlich sichtbare Wasserstoffentwickelung aufhört, und die Moorbildung des Platins ist an die Wasserstoffentwickelung gebunden. Bei einer kleinen Aenderung der Spannung ist ein Einfluss nicht mehr nachweisbar.

Nach diesen Voruntersuchungen und mit Hülfe der einmal vorhandenen Apparate ist die Reproduction einer solchen Lichteinheit ziemlich einfach, und da die bisher aufgedeckten Fehlerquellen unterhalb eines Procentes bleiben, so erscheint eine Genauigkeit von einem Procent als gesichert. Von jetzt ab wird eine derartige Lichteinheit den photometrischen wissenschaftlichen Messungen der physikalisch-technischen Reichsanstalt als Normale zu Grunde gelegt werden.

Es sei noch hervorgehoben, dass eine solche Lichteinheit den verschieden gefärbten Lichtquellen sehr einfach durch Vorschrift eines anderen Strahlungsverhältnisses angepasst werden kann. Weitere Versuche zielen dahin, die Fehlerquellen noch weiter aufzuklären und ihren Einfluss zu verringern, sowie die Reproduction der Lichteinheit möglichst einfach zu gestalten.

Nachtrag.

(October 1895.)

Seit der Zeit des Vortrages ist an der Herstellung dieser Lichteinheit weiter gearbeitet worden. Auch schien es, als liesse sich durch eine Aenderung in der Definition Einfacheres und Besseres erreichen. Die beiden verglichenen Strahlungs-



mengen sind die Gesammtstrahlung des glühenden Platinblechs und die durch das Absorptionsgefäss hindurchgelassene Theilstrahlung. Es können natürlich ebenso gut zwei andere Strahlungsmengen des glühenden Blechs, z. B. nach spectraler Zerlegung die rothen und grünen Strahlen oder irgend zwei verschiedene Wellenlängen verglichen werden. Durch das Verhältniss der Intensität beider Wellenlängen würde die Temperatur wiederum definirt sein.

In diesem Frühjahr wurde nun gemeinsam mit den Herren Lummer und Rubens eine Arbeit über die Intensitätsvertheilung im Spectrum begonnen. Nach diesen Versuchen ist auf dem gedachten Wege eine Vereinfachung kaum zu erreichen, da es sehr schwierig ist, ein vollkommen reines Spectrum herzustellen, ohne neue, schwer definirbare Absorptionsmittel einzuführen. Die geringste Verunreinigung des sichtbaren Spectrums durch dunkle Wärmestrahlen ist aber die Quelle grosser Fehler, da die bolometrische Intensität der dunklen Strahlen unvergleichlich viel grösser ist als diejenige der sichtbaren Strahlen.

Es war an früherer Stelle[1]) gesagt: „Eine weitere Verwendung des Bolometers sollte dann darin bestehen, die Strahlung einer Lichtquelle auf diejenige einer konstanten (strahlenden) Wärmequelle zurückzuführen, um auf diesem Wege zu einer »Strahlungseinheit« zu gelangen."

Damals scheiterten die Versuche daran, dass es keine konstante strahlende Wärmequelle gab, welche definitionsfähig wäre. Es wurde zunächst mit einem Leslie-Würfel gearbeitet, dessen eine Seite berusst war. Die Temperatur ist zwar leicht als Siedetemperatur des Wassers festzuhalten, jedoch ist die strahlende Fläche schwer in Bezug auf ihr Ausstrahlungsvermögen definirbar.

Inzwischen ist von den Herren O. Lummer und W. Wien ein Princip ausgesprochen, welches im Novemberheft von Wied. Ann.[2]) veröffentlicht wird und nach dem sich eine konstante

1) O. Lummer u. F. Kurlbaum, Bolometrische Untersuchungen, Wied. Ann. **46** p. 205—224. 1892.

2) W. Wien und O. Lummer, Methode zur Prüfung des Strahlungsgesetzes absolut schwarzer Körper. Wied. Ann. **56**. p. 451—456. 1895.

Strahlungsquelle herstellen lässt. Das Princip ist folgendes: Ein strahlender Körper, der sich in einer Hülle von derselben Temperatur befindet, sendet unabhängig von seiner Oberfläche soviel Strahlung aus, als ob er ein absolut schwarzer Körper wäre, d. h. als ob sein Absorptionsvermögen gleich 1 wäre. Der strahlende Körper sendet angenähert ebenso viel aus, wenn man in die äussere Hülle ein kleines Loch bohrt und dadurch den strahlenden Körper der Beobachtung zugänglich macht. Die Prüfung dieses Princips für Lichtstrahlen erfordert grössere experimentelle Vorbereitungen, mit denen die Herren LUMMER und WIEN beschäftigt sind. Dagegen ist das Princip für die Wärmestrahlen leicht experimentell zu prüfen, da es sich hier um niedrigere Temperaturen handelt, die leicht erreicht und konstant gehalten werden können. Der Vortragende hat einen derartig strahlenden Körper von der Temperatur 100 Grad hergestellt und die Strahlung bolometrisch gemessen. Dabei ergab sich, dass der gewählte Körper, welcher das Emissionsvermögen 0,1, bezogen auf den absolut schwarzen Körper als 1, besass, eine fünfmal so grosse Strahlungsmenge aussandte, als er frei strahlend ausgesandt hätte. Unter denselben Verhältnissen erhöhte sich das Emissionsvermögen eines stumpf-schwarzen Körpers, welches ungefähr 0,95 betrug, so zu sagen auf 0,995.

Wählt man die Dimensionen des Apparates noch günstiger, so kann man dem absolut schwarzen Körper so nahe kommen, als es die Genauigkeit bolometrischer Messungen erfordert. Mit Hülfe des erwähnten Principes ist es also leicht, eine konstante definirbare Strahlungsquelle herzustellen, und es wird versucht werden, auf diese Weise die Platinlichteinheit einfacher zu gestalten.

Sitzung vom 28. Juni 1895.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **H. du Bois** machte eine Mittheilung

Ueber magnetische Tragkraft (nach Versuchen des Hrn. E. Taylor Jones.)

Kürzlich sind von Hrn. E. T. Jones Versuche veröffentlicht worden[1], welche eine Bestätigung des bekannten Maxwell'schen Ausdrucks für den electromagnetischen Zwangszustand liefern. Es wurde die Tragkraft eines äquatorial durchschnittenen Eisen-Ovoids bestimmt, welches durch Spulen magnetisirt wurde. Die Quadratwurzel aus der beobachteten Tragkraft wurde bis auf Abweichungen unter 1 Proc. proportional dem Werthe der Induction gefunden, wobei das Bereich der letzteren sich bis zu 20000 C. G. S. hinauf erstreckte.

Um die Richtigkeit des erwähnten Fundamentalgesetzes auch für höhere Inductionswerthe zu prüfen, wurde zu einer Modification der sog. „Isthmus-Methode“ von Ewing und Low gegriffen. Der Isthmus wurde wieder äquatorial durchschnitten und die zum Abreissen der einen Hälfte (welche dazu durch eine Bohrung des konischen Polschuhs verschiebbar war) erforderliche Kraft ermittelt. — Die Bestimmung der Induction und der Intensität geschah wie üblich mittelst zweier Probespulen von etwas verschiedenem Durchmesser in Verbindung mit einem d'Arsonval'schen ballistischen Galvanometer nach Ayrton und Mather. Die Vorversuche ergaben auch hier eine Bestätigung der oben erwähnten Proportionalität, sofern man die Verschiedenartigkeit der Anordnung richtig in Rechnung zog. Es wurde dementsprechend eine Tragkraft von über 50 kg Gewicht pro Quadratcentimeter constatirt, d. h. etwa das drei-

[1] E. T. Jones, Phil. Mag. März 1895; Wied. Ann. **54.** p. 641. 1895.

fache der bisherigen Angaben. Die noch vorhandenen Abweichungen sind der Natur der Sache nach grösser als bei den genauer ausführbaren Versuchen im Spulenfelde. Immerhin dürften durch nähere Untersuchung und Berücksichtigung mehrerer, auch theoretisch interessanter, Correctionsglieder jene Abweichungen bedeutend herabgemindert werden.

Jahrg. 14. Nr. 4.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 1. November 1895.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. B. Schwalbe gedenkt des am 17. October d. J. auf einer wissenschaftlichen Forschungsreise in Deutsch-Ostafrika verstorbenen langjährigen Mitgliedes der Gesellschaft

Dr. F. M. Stapff,

Docenten an der Technischen Hochschule in Charlottenburg.

Die Gesellschaft wird dem Verstorbenen, der stets ein reges Interesse an ihren Verhandlungen bewiesen hat, ein liebevolles Andenken bewahren!

Hr. **Cl. du Bois-Reymond** (a. G.) machte

eine Demonstration der neuen farbigen Photographien von Dr. Joly in Dublin.

Die Trockenplatte, mit der man jetzt allgemein photographirt, kann man treffend mit dem total-farbenblinden Auge vergleichen. Sie unterscheidet die Farben nicht und gibt immer nur ein schwarzweisses oder doch ein monochromatisches Bild. Bekanntlich hat man aber schon allerlei Hülfsmittel gefunden, um ihr den fehlenden Farbensinn doch zu verleihen. Zum Theil ist man dabei den Wegen der Natur nachgegangen, man hat die Physiologie des Auges benutzt, und diese Versuche sind wohl bis jetzt auch die aussichtsvollsten gewesen. Man stellte gleichsam 3 monochromatische Augen auf. Man setzte drei Farbenfilter in den Grundfarben der Young-Helmholtz-schen Theorie vor drei einzelne Platten. Die Filter wählen

aus den Mischfarben der Natur den jedesmaligen Wellengehalt aus, der ihrem eignen Ton am nächsten entspricht. Nachher müssen dann die drei Bilder positiv in den richtigen Farben angefertigt und alle drei zusammen durch irgendwelche optische Kunstgriffe in der Netzhaut des Auges vereinigt werden. Die Versuche, die ich Ihnen heute vorführen will, bewegen sich auch in dieser Richtung, aber sie gehen in der Nachahmung des menschlichen Auges noch weiter. Es wird nur eine Platte gebraucht, die nach einzelnen möglichst kleinen Flächenelementen für die drei Grundfarben empfindlich gemacht ist. Die Farben mischen sich dann einfach in der Netzhaut, indem das Bild aus einer Entfernung gesehen wird, wo die Elemente nicht mehr unterschieden werden. Abweichend von dem Vorbilde der Netzhaut ist nur die Gestalt der Elemente. Aus äusserlichen technischen Gründen haben sie hier die Form von feinen Strichen oder Streifen erhalten, die gradlinig über die ganze Platte gezogen sind.

Zunächst möchte ich Ihnen das Verfahren selbst kurz beschreiben. Es wird zuerst ein sogenannter „Farbenschirm“ auf der Theilmaschine angefertigt. Auf einer gelatinirten Glasscheibe trägt man mit Ziehfedern rothe, grüne und blaue Linien auf. Die Linien sind $^1/_8$ mm breit, ohne Zwischenraum folgen sie sich immer in derselben Reihenfolge: roth, grün, blau, über die ganze Platte. Die Farben müssen nach Ton und Helligkeit so abgestimmt sein, dass der fertige Schirm aus weiter Entfernung gesehen, weiss erscheint.

Dieser Farbenschirm wird nun vor der gewöhnlichen orthochromatischen Trockenplatte in die Cassette eingelegt, sodass die liniirte Seite die Schicht berührt, und nun kann exponirt werden. Die Dauer muss natürlich, weil auch im Roth genügende Wirkung erreicht werden muss, und der Farbenschirm überhaupt viel Licht abhält, beträchtlich, aber nicht übermässig lang bemessen werden. Das Negativ wird entwickelt und wieder auf Glas copirt. Die Copie ist ein gewöhnliches schwarzes Positivbild, ein „Diapositiv“, wie es uns allen bekannt ist. Aber wenn man genauer zusieht, erkennt man darin ein feines Gitter, eine Strichlage, ähnlich einem Stich in Linienmanier. Man kann diese Strichelung im Positiv auffassen als ein Abbild der Schatten der Farbenstreifen. Denn

was im Negativ dunkel wurde, ist hier hell, eine grüne Fläche z. B. wird also die grünen Streifen hell, die beiden andern schattig oder gedeckt wiedergeben. Die schwarzen, grauen und hellen Streifen im Positiv enthalten aber überall gerade denjenigen Schatten- oder Minuswerth, der von den drei Grundfarben des Farbenschirms subtrahirt werden musste, um in der Mischung die Farbe wiederzugeben, die dort gewirkt hatte. Aus Roth, Grün und Blau von passender Abstufung der Lichtstärke kann man jeden Farbenton mischen, den das Auge kennt. Die passende Abstufung gibt aber die schwarze Positivplatte automatisch. Der Farbenschirm analysirt gleichsam das gemischte Licht in seine drei Bestandtheile, die Positivplatte liefert zu jeder Theilfarbe die richtige Menge schwarz, und die beschauende Netzhaut vollzieht die Synthese. So entsteht für den Sehenden eine sehr vollkommene Nachahmung des wirklichen Eindrucks. Man braucht nur den Farbenschirm auf das Positiv zu legen, die Streifen richtig übereinander zu schieben und ihn dort zu befestigen, dann erscheint in der Durchsicht das Farbenbild.[1])

Ich will Ihnen nun fünf solche Aufnahmen zeigen. Es sind einige der ersten Versuchsplatten des Hrn. Dr. J. Joly in Dublin, der das Verfahren erfunden hat. Durch freundliche Vermittelung unseres berühmten Reisenden, des Hrn. Dr. Jagor, erhielt ich die Adresse des Erfinders und Hr. Dr. Joly war sofort bereit, mir einige Proben seiner Erfindung herzusenden. Leider sind es, wie er selbst schreibt, gerade die schlechtesten.

1) Zur Ergänzung sei aus einem Briefe Hrn. Dr. Joly's noch Folgendes nachgetragen: Practisch stellt sich die Sache so, dass man mit Vortheil zwei etwas verschieden gefärbte Farbenschirme anwendet, einen für die Aufnahme des Negativs und den andern zum Beschauen des Positivs. Die Theorie des Verfahrens soll von Maxwell herstammen, der 1861 schon versucht hat, eine Photographie darnach herzustellen. Weil aber zu jener Zeit die farbenempfindliche Platte noch unbekannt war, ergab der Versuch kein befriedigendes Resultat. Die vorgeführten Bilder sind noch nach den Grundempfindungscurven Maxwell's gefärbt. Seitdem der Erfinder die König'schen Curven benutzt, hat er noch bessere Erfolge, namentlich erhält er das Blaugrün richtiger. Ob es gelingen wird, den übrigens kaum merklichen Fehler im Blaugrün ganz zu heben, ist noch ungewiss. Weitere Einzelheiten sollen demnächst in der englischen Zeitschrift „Nature“ bekannt gegeben werden.

Es sind die letzten, die er zu Haus behalten hatte und eigentlich, als zu wenig gelungen, überhaupt nicht mehr auszustellen gedachte.

Die Hauptsache, auf die es uns hier ankommt, kann man aber doch auch an diesen Bildern ganz gut erkennen, nämlich, dass es möglich sein wird, auf diesem Wege alle Mischfarben zu erhalten. Aber für zwei technische Mängel muss ich Ihre Nachsicht erbitten. Erstens sind die Streifen der Farbenschirme vorläufig noch zu breit, und zweitens sind sie nicht überall ganz regelmässig gelungen. Hr. Joly hat sich bei der mühsamen Herstellung mit einer sehr mangelhaften Theilmaschine beholfen. Sie werden deshalb in allen Bildern eine störende Liniirung deutlich erkennen und daneben noch viele Flecke und periodisch wiederholte Streifen fehlerhafter Farbe bemerken. Abgesehen von diesen Mängeln werden Sie mir aber hoffentlich zugeben, dass viele Einzelheiten in jedem Bilde mit wunderbarer Naturtreue die richtige Farbe wiedergeben.

Die Bilder sind also nicht gerade schön. Aber sie genügen, um zu zeigen, dass von der Erfindung noch weit Besseres erwartet werden darf. Hr. Joly hat auch schon selbst feinere Schirme hergestellt. Er fand dies aber zu mühsam und wartet jetzt auf die Vollendung einer Maschine, die doppelt so fein liniirte Platten im Grossbetrieb liefern soll. Wenn die fabrikmässige Anfertigung gelingt, wird das Verfahren vor allen anderen den grossen Vortheil haben, dass es jeder mit dem gewöhnlichen Apparat und ohne alle besonderen Vorkenntnisse und Hülfsmittel sofort handhaben kann.

Hr. **H. Rubens** sprach dann über die

Brechungsexponenten von Wasser und Alkohol für kurze electrische Wellen,

nach Versuchen von Hrn. **A. D. Cole.**

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit electrischer Wellen in Wasser und Alkohol ist in den letzten Jahren von verschiedenen Beobachtern gemessen worden und es hat sich dabei ergeben, dass dieselbe für Wellen, welche den Schwingungszahlen zwischen 30 und 500 Millionen entsprechen, inner-

halb der Grenze der Versuchsfehler constant ist und einen Brechungsexponenten ergibt, dessen Quadrat mit den electrostatisch gemessenen Dielectricitätsconstanten gut übereinstimmt. Andrerseits weicht dieser „electrische“ Brechungsexponent von dem „optischen“ ausserordentlich stark ab und es ist daher von Interesse, diese Beobachtung mit kürzeren electrischen Wellen, welche dem sichtbaren Spectrum beträchtlich näher liegen, fortzusetzen, um eventuell einen Anhaltspunkt dafür zu gewinnen, in welchem Spectralbereich man die starke Aenderung des Brechungsindex mit der Wellenlänge zu suchen hat.

Da in Folge der starken Absorption, welche electrische Schwingungen in Wasser und Alkohol erfahren, die Methode der prismatischen Ablenkung versagte wurde versucht, die mittels eines Righi'schen Primärleiters erzeugten electrischen Wellen von ca. 5 cm Länge an Wasser- bez. Alkoholoberflächen unter bekannten Einfallswinkeln reflectiren zu lassen und das Reflexionsvermögen zu messen. Durch Anwendung der Fresnel'schen Intensitätsformeln lässt sich bekanntlich hieraus der Brechungsindex der Flüssigkeiten berechnen. Zur Messung der Intensität der electrischen Strahlen diente ein secundärer Leiter in Verbindung mit einem Thermoelement von der Art, wie er von Hrn. Klemenčič[1]) beschrieben worden ist. Es ergab sich, dass eine Wasseroberfläche bei 45° Incidenz 71,8 Proc. der auffallenden Strahlung reflectirt, wenn die electrischen Schwingungen senkrecht, dagegen 52,7 Proc., wenn diese parallel zur Einfallsebene erfolgen. Die entsprechenden Zahlen für Alkohol sind 40,5 bez. 16,7 Proc. Man erhält hieraus nach den Fresnel'schen Formeln für Wasser die Brechungsexponenten 8,6 bez. 8,9, für Alkohol 3,2 bez. 3,1.

Für Wasser stimmen die Werthe des so erhaltenen Brechungsexponenten mit den Zahlen gut überein, welche für erheblich längere Wellen nach anderen Methoden beobachtet wurden. Es findet also hier auch für das Spectralgebiet, welches den Wellenlängen 60 bis 5 cm entspricht, keine merkliche Dispersion statt.

Dagegen sind die Brechungsexponenten, welche sich aus den Reflexionsversuchen am Alkohol berechnen, wesentlich

1) Klemenčič, Wied. Ann. **45.** p. 62. 1892.

kleiner als die Resultate aller bisherigen Versuche, welche sich auf grössere Wellenlängen beziehen. Man wird daher annehmen müssen, dass Alkohol in diesem Spectralgebiet noch erhebliche Dispersion besitzt.

Die ausführliche Beschreibung der Versuche wird von Hrn. Cole in Wiedemann's Annalen veröffentlicht werden.

Sitzung vom 15. November 1895.

Vorsitzender Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **E. Warburg** berichtete über eine Untersuchung des Hrn. W. J. Waggener:

Ueber die Messung von Flammentemperaturen durch Thermoelemente, insbesondere über die Temperaturen im Bunsen'schen Blaubrenner.

§ 1. Flammentemperaturen hat man durch Thermoelemente zu messen versucht, deren eine Löthstelle man an die Stelle brachte, deren Temperatur zu messen war. Nach dieser Methode fanden als höchste Temperatur in der Flamme des Bunsen'schen Blaubrenners

Rossetti 1877 mit einem 0,3 mm dicken Thermoelement aus Platin-Eisen 1360°.

Rogers 1892 mit einem Thermoelement aus Platin und Platin-Iridium 1230°.

Mac Crae 1895 mit einem 0,2 mm dicken Thermoelement nach Le Chatelier aus Platin-Platinrhodium 1725°.

Dass die beiden erstgenannten Angaben zu niedrig sind wird schon durch die Bemerkung von Bunsen, dass ein dünner Platindraht im heissesten Theil des Bunsen'schen Blaubrenners bis zu strahlender Weissgluth erhitzt wird, sehr wahrscheinlich gemacht.

Die geringe Uebereinstimmung der angeführten Ergebnisse liess eine nähere Untersuchung der Methode wünschenswerth erscheinen, eine Arbeit, welche Hr. Waggener im vergangenen Sommer im hiesigen Institut unternommen hat.

§ 2. Hr. Waggener benutzte Thermoelemente nach Le Chatelier, welche aus Platin und einer Platinrhodiumlegirung (90 Proc. Platin 10 Proc. Rhodium) bestehen. Die

Elemente wurden geaicht, indem sie mit einem solchen Element verglichen wurden, für welches die Hrn. Holborn und Wien in der physikalischen Reichsanstalt den Zusammenhang zwischen der durch ein Luftthermometer gemessenen Temperatur der heissen Löthstelle und der E. K. bestimmt hatten, wenn die andere Löthstelle auf der Temperatur des schmelzenden Eises gehalten wurde. Die Bestimmungen von Holborn und Wien gehen bis 1500°. Da auch höhere Temperaturen zu messen waren, so musste für diese eine Extrapolation vorgenommen werden. Die Temperaturangaben über 1500° sind also zweifelhaft. Indem die Löthstelle des zu vergleichenden Elements in einer Platinkapsel im Knallgasgebläse erhitzt wurde, erreichte man Temperaturen bis zu 1700°.

§ 3. Die Messungen beziehen sich auf die 12—13 cm hohe, gegen Luftströmungen geschützte Flamme des Bunsen-schen Blaubrenners, in welcher wir nach Bunsen den dunkeln Kegel und den Flammenmantel, weiter den äusseren (violetten) und inneren (blauen) Mantelsaum unterscheiden.

§ 4. Die Löthstelle eines Thermoelements wird wegen Strahlung und Leitung nicht die Temperatur des sie umspülenden Theils der Flamme annehmen und zwar unter Umständen eine tiefere, unter Umständen ein höhere. Die Temperaturdifferenz zwischen Flamme und Löthstelle wird aber um so kleiner werden, je dünnere Drähte benutzt werden; auch deshalb sollten möglichst dünne Drähte gewählt werden, weil alsdann die grösste Annäherung an die Bedingung stattfindet, dass im Bereich der Löthstelle die Flammentemperatur sich nicht merklich ändert. Aber auch bei Anwendung unendlich dünner Drähte kann man aus der beobachteten E. K. auf Grund vorhergegangener Aichung einen Schluss auf die Flammentemperatur nur unter der Voraussetzung ziehen, dass die thermoelectrischen Eigenschaften des Elements in der Flamme nicht verändert werden.

§ 5. Demgemäss wurde, nachdem durch mancherlei Controllversuche festgestellt war, dass weder die Flammenleitung, noch die zwischen Metallen und der Flamme auftretenden E. K. die Angaben des Thermoelements merklich beeinflussen, zunächst die Wirkung längerer Erhitzung in der Flamme auf die thermoelectrischen Eigenschaften der Elemente untersucht.



Die Löthstelle eines Elementes, dessen Drähte, so weit sie in der Flamme lagen, eine horizontale gerade Linie bildeten, und welches, wie dies immer bei den Versuchen der Fall war, symmetrisch mit Bezug auf die durch Flammenaxe und Löthstelle gelegte Verticalebene in die Flamme hineingebracht war, wurde längere Zeit in der Flamme belassen und die E. K. an einem eingeschalteten Voltmeter gemessen. Die E. K. stieg mit der Zeit bedeutend an. Darauf wurde die Einwirkung der Flamme auf die beiden das Thermoelement bildenden Drähte getrennt untersucht. Das Thermoelement des vorigen Versuchs wurde zunächst durch einen 0,1 mm dicken Platinrhodiumdraht ersetzt, welcher stundenlang in der Flamme belassen wurde. Von Zeit zu Zeit entfernte man ihn aus der Flamme und erhitzte ihn an verschiedenen Stellen mit einer kleinen Stichflamme. Das Voltmeter zeigte, dass thermoelectrische Erregung stattfand, dass also der ursprünglich homogene Draht thermoelectrisch unhomogen geworden war, und dass der Strom immer von der im Bunsenbrenner stärker zu der weniger stark erhitzten Stelle durch die Stichflamme ging. Ein Patindraht von derselben Stärke zeigte, ebenso behandelt, E. K. von demselben Sinne, aber von viel geringerem Betrage. Danach beruht die Veränderung, welche die E. K. des Thermoelements durch längeres Verweilen in der Flamme erfährt, hauptsächlich auf einer Veränderung des Platinrhodiumdrahtes und zwar zum Theil jedenfalls darauf, dass der Draht an verschiedenen Stellen in verschiedener Weise verändert wird.

Ein Platin-Platinrhodiumelement von 0,05 mm Dicke zeigte gleich nachdem es in der beschriebenen Weise in die Flamme gebracht war, eine um 4240 Mikrovolt kleinere E. K., als nach längerem Verweilen in der Flamme, was einem scheinbaren Temperaturunterschied von ungefähr 400° entspricht. Gleichwohl konnte die hieraus hervorgehende Fehlerquelle dadurch vermieden werden, dass das Element nur während der zur Messung nöthigen Zeit in der Flamme belassen wurde; in der That ergab dann die Aichung vor und nach dem Versuch dasselbe Resultat.

§ 6. Um den Einfluss der Drahtdicke auf die Angaben der Thermoelemente zu studiren, machte Hr. Waggener Versuche mit Thermoelementen, deren Drahtdicke 0,5, 0,2, 0,1,

0,05 mm betrug. Diese Elemente sollen bezüglich durch I, II, III, IV bezeichnet werden.

1) Es wurden die Temperaturen gemessen, welche die Löthstellen von Elementen I, II, III an einer bestimmten Stelle der Flamme annahmen, wobei für jede Drahtdicke Elemente von drei verschiedenen Formen zur Anwendung gelangten. Die in der Flamme liegenden Drahttheile bildeten bei der ersten Form eine horizontale gerade Linie, bei den anderen Formen nach einem Vorschlage des Hrn. Rubens zum Theil eine kreisförmige Linie der Art, dass alle Punkte des Kreises homologe Flammenpunkte trafen. In jedem Fall wurden die Elemente symmetrisch mit Bezug auf die durch Löthstelle und Flammenaxe gelegte Verticalebene in die Flamme gebracht. Es ergab sich, dass bei den Elementen III die Löthstelle aller drei Formen die gleiche Temperatur zeigte; bei den Elementen II und noch mehr bei den Elementen I zeigte die gradlinige Form eine tiefere Temperatur der Löthstelle, als die Kreisformen, bei welchen augenscheinlich die Wirkung der Wärmeleitung sehr herabgemindert war. Weiter waren die Temperaturen der Löthstelle bei den kreisförmigen Elementen II und den Elementen III nahezu die gleichen.

2) Die Löthstellen gradliniger Elemente I, II, III wurden in 27 mm Höhe über der Flammenbasis quer durch die Flamme geführt, und es wurde jedesmal die Temperatur der Löthstelle in verschiedenen Abständen von der Flammenaxe gemessen, wobei die Messungen noch 2 mm über die sichtbare Grenze der Flamme hinaus fortgeführt wurden. In dem dunkeln Kegel zeigte die Löthstelle von III die tiefste, die von I die höchste Temperatur, umgekehrt verhielt es sich im heissen äusseren Mantelsaum. Indem die Versuchsergebnisse in Curven dargestellt wurden, deren Abscissen den Abständen von der Flammenaxe, deren Ordinaten den Temperaturen der Löthstelle proportional waren, zeigte sich deutlich, wie durch die mit zunehmender Drahtdicke wachsende Wirkung der Wärmeleitung die Curven abgeflacht wurden.

3) Es wurde mit gradlinigen Elementen I—IV in verschiedener Höhe über der Flammenbasis die Temperatur der Löthstelle gemessen, a) im äusseren Mantelsaum b) in der Mitte des Flammenmantels c) im inneren Mantelsaum. In den



Fällen a) und b) zeigte die Löthstelle von IV die höchste Temperatur, im Falle c) zeigte die Löthstelle des Elementes IV eine tiefere Temperatur, als die Löthstelle des Elementes III.

Die Temperatur der Löthstelle des dünnsten Elementes IV (0,05 mm dick) kommt jedenfalls der Flammentemperatur am nächsten. Würde man jene Temperatur gleich der Flammentemperatur setzen, dann würde aus den Versuchen hervorgehen, dass Theile der Flamme, welche für die rohe Beobachtung von gleicher Farbe sind, doch etwas verschiedene Temperaturen besitzen; dass die heisseste Stelle der Flamme im äusseren Mantelsaum, ungefähr 2 cm über der Basis liegt, und 1704° beträgt[1]); dass die Mitte des Flammenmantels in 1 cm Höhe über der Basis die höchste Temperatur (1591°) besitzt; dass der innere Mantelsaum, — von der Spitze, an welcher die Messungen unsicher wurden, abgesehen — ungefähr 1 cm über der Basis am heissesten ist (1408°).

§ 7. Es fragt sich nun, um welchen Betrag etwa in Folge der Wärmeleitung und Strahlung die Temperatur der Löthstelle des Elementes IV noch von der Flammentemperatur verschieden ist. Zur Beantwortung dieser Frage kann Folgendes beitragen.

1) Trägt man die Temperaturen, welche die Löthstellen der Elemente I—IV im heissesten Theil der Flamme zeigen, als Ordinaten zu den Drahtdicken als Abscissen auf, so liegen die Endpunkte der Ordinaten auf einer glatten, gegen die Abscissenaxe schwach convexen Curve, welche, bis zum Durchschnitt mit der Ordinatenaxe nach Augenmaass verlängert, diese etwa bei dem Temperaturpunkt 1750°—1760° schneidet. Diese Temperatur scheint also derjenigen nahe zu kommen, welche die Löthstelle eines unendlich dünnen Thermoelementes annehmen würde.

2) Es ist öfter beobachtet worden, dass sehr dünne Platindrähte in der Flamme des Bunsen'schen Brenners zum Schmelzen gebracht werden können. Hr. Waggener hat dasselbe an Platin-

---

1) An dieser Stelle nahm die Löthstelle des Elementes II von der Dicke 0,2 mm, wie sie von Hrn. Mac Crae angewandt wurde, die Temperatur 1560° an.



drähten von 0,05 mm Durchmesser beobachtet; an der Spitze eines solchen Drahtes schmolz einige Secunden, nachdem er in die Flamme gebracht war, ein birnförmiger Tropfen an, welcher, durch ein Mikroskop beobachtet, nachdem er eine gewisse Grösse erreicht hatte, wieder erstarrte.[1] Man könnte zu der Annahme geneigt sein, dass das Schmelzen des Platins erst eintritt, nachdem es in der Flamme eine chemische Veränderung erlitten hat. Berücksichtigt man aber die unter § 7, 1 mitgetheilten thermoelectrischen Messungen, nach welchen die Temperatur der Flamme an ihrer heissesten Stelle dem Schmelzpunkt des reinen Platins (1775°) jedenfalls sehr nahe kommt; ferner, dass das Schmelzen sehr schnell nach dem Einbringen in die Flamme eintritt, so scheint aus dem Schmelzversuch hervorzugehen, dass die Temperatur der Flamme an ihrer heissesten Stelle in der That den Schmelzpunkt des reinen Platins erreicht bez. überschreitet.

Die Versuche des Hrn. Waggener zeigen also, dass zu der vollständigen thermoelectrischen Messung der Temperaturen im Bunsen'schen Blaubrenner ein schwerer als Platin schmelzbares Metall im Thermoelement benutzt werden muss, und dass nur 0,05 mm dicke Drähte die Wirkung der Wärmeleitung noch erkennen lassen; doch wird durch Anwendung passend gebogener Drähte die hieraus hervorgehende Fehlerquelle sich vermindern lassen.

Hr. **M. Thiesen** trug darauf vor

Ueber fehlerfreie dioptrische Abbildung durch eine einfache Linse.

Es ist meines Wissens bisher noch kein Fall der theoretisch fehlerfreien dioptrischen Abbildung einer Fläche bekannt, selbst wenn man von denjenigen Fehlern absieht, die von den fünften Potenzen der Winkel zwischen den Lichtstrahlen und der Axe des Systems abhängen. Eine leichte Ueberlegung zeigt nun aber, dass schon die Elemente, welche bei einer einfachen Linse zur Verfügung stehen, gerade hinreichend sind, um bei der angegebenen Näherung den Bedingungen für eine

[1] Daher schmolz auch bei den Versuchen mit Element IV der Draht an der heissesten Stelle der Flamme zuerst durch und erstarrte wieder, wenn er eine grössere Dicke erreicht hatte.

vollkommene, geometrisch ähnliche und ebene Abbildung[1]) zu genügen, vorausgesetzt, dass man zunächst als Begrenzungsflächen der Linse beliebige Rotationsflächen zweiten Grades zulässt.

Die wirkliche Berechnung der Linse stösst bei Anwendung früher veröffentlichter Formeln[2]) auf keine Schwierigkeit. Man findet eine concav-convexe Linse, die von Kugeln gleicher Krümmung begrenzt wird; bei der concaven Begrenzung würde allerdings eine Abweichung von der Kugelgestalt bei der festgehaltenen Näherung ohne Bedeutung sein. Ist n der Brechungsexponent der Linse, die von Luft umgeben sein soll, e ihre Dicke, so ist der Halbmesser der Begrenzungsflächen gegeben durch

$$r = e \frac{n}{n+1}.$$

Die fehlerfreie Abbildung findet nur statt, wenn die Linse bei der Vergrösserung $\gamma = n^2$ benutzt wird. Von den beiden einander entsprechenden Bildern ist dann keines reell; das kleinere, welches zu den Strahlen jenseits der concaven Fläche gehört, liegt in der diese Fläche berührenden Ebene, hat also wenigstens den Axenpunkt im Reellen, das grössere liegt um $e(n-1)$ weiter nach der concaven Seite hin.

Eine unmittelbare practische Bedeutung dürfte die Linse nicht haben. Die Bedeutung der Untersuchung liegt vielmehr zunächst darin, dass die bisher noch bestrittene Möglichkeit der fehlerfreien dioptrischen Abbildung zweier Flächen aufeinander direct nachgewiesen werden konnte, vor allem aber darin, dass sich der Weg, durch directe Berechnung ein Diopter von bestimmten Eigenschaften zu finden, als leicht gangbar erwiesen hat.

Wird nur verlangt, dass die Abbildung durch eine einfache Linse eine scharfe sei, und zugelassen, dass die Begrenzungsflächen von der reinen Kugelgestalt abweichen, so ist bei gegebenem Brechungsexponenten nur eine Bedingungsgleichung zwischen Vergrösserung und den beiden Krümmungsradien zu erfüllen, welche für jede dieser Grössen quadratisch ist, also auch auf imaginäre Werthe führen kann. Eine ebene Abbildung setzt überdies, wie bekannt, die Gleichheit der beiden Krümmungsradien voraus.

1) Vgl. Thiesen, Diese Verh., **11.** p. 15. 1892.

2) Thiesen, Sitzber. d. Akad. d. Wissensch. z. Berlin, **35.** p. 799. 1890.

Druck von Metzger & Wittig, Leipzig.

Jahrg. 14 **Nr. 5.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 29. November 1895.

Vorsitzender: Hr. W. v. Bezold.

Hr. **M. Thiesen** berichtete

über seine im zweiten Bande der wissenschaftlichen Abhandlungen der Physikalisch-technischen Reichsanstalt veröffentlichten Arbeiten.

Sitzung vom 13. Dezember 1895.

Vorsitzender Hr. E. Warburg.

Der Vorsitzende gedachte der beiden langjährigen Mitglieder, welche die Gesellschaft im Laufe des nun bald scheidenden Jahres durch den Tod verloren hat:

Gustav Spörer

Observator am Astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam

geb. 23. Oct. 1822 gest. 7. Juni 1895.

Hermann Knoblauch

Professor der Physik a. d. Universität zu Halle

geb. d. 11. April 1820 gest. am 1. Juli 1895.

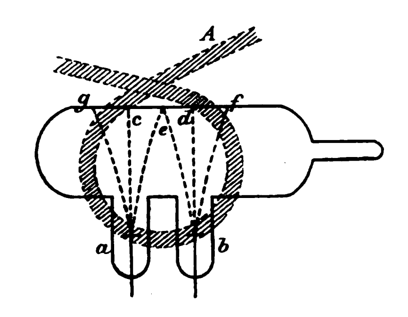
Die Anwesenden erheben sich zu ehrendem Angedenken der Verstorbenen von den Sitzen.

Hr. **Th. Des Coudres** sprach

über Kathodenstrahlen unter dem Einflusse magnetischer Schwingungen.

Zunächst wurde folgender Versuch demonstrirt. Der Schliessungskreis einer kleinen Leidener Flasche bestand aus

Kupferbandstreifen von etwa 1 m Gesammtlänge. In ihn waren eingeschaltet eine verstellbare Funkenstrecke mit Zinkelectroden, eine Kupferdrahtschleife von zwei Umgängen und $4^1/_2$ cm Durchmesser, endlich drei Kupferbandwindungen, die als Primärleitung eines kleinen Transformators dienten. Die secundäre Wickelung aus dünnem Draht befand sich auf einem übergeschobenen Schellackrohre von 8 cm Durchmesser und zählte vierzig Windungen. Die Enden dieses secundären Kreises führten zu den Alluminiumelectroden *a* und *b* eines luftleeren Glasrohres der nebenstehenden Form. Verbindet man die Flaschenbelegungen mit den Polen eines mittelgrossen Inductoriums, so treten bei geeigneter Länge der primären Funken aus *a* und *b* parallele Kathodenstrahlbündel aus, weithin kenntlich an den bei *c* und *d* entstehenden grünen Fluorescenzflecken der Glaswand.



Wir nähern jetzt das Rohr der von den oscillatorischen Flaschenentladungen durchflossenen Drahtschleife *A* in der aus der Figur ersichtlichen Stellung und je nach der Schaltung der Teslatransformatorpole in Bezug auf die Electroden des Rohres rücken die Phosphorescenzflecke nach *e* zusammen oder auseinander nach *g* und *f*, ohne dabei erheblich unscharf zu werden

Die Grösse der Ablenkung der Kathodenstrahlen lehrt: das von der Drahtschleife erzeugte magnetische Wechselfeld entspricht, wie man vorausberechnen konnte, einer maximalen Stromstärke von Hunderten von Ampères. Eine nicht voraussehbare Thatsache dagegen ist, dass die beiden Strahlen scharf abgelenkt und nicht fächerförmig ausgebreitet werden. Es muss danach die Zeit des Bestehens der Kathodenstrahlen kurz sein gegen eine halbe Schwingungsdauer der electrischen Oscillationen in unserem Falle kurz gegen $3 . 10^{-7}$ Sec. Die Strahlen können nur während einer bestimmten Phase der Inductionsschwingungen von den Electroden ausgesandt werden.

Der Vortragende legte weiter dar, wie die vorgeführte Ablenkung durch Wechselstromschleifen zur Bestimmung der

Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Kathodenstrahlen verwandt werden kann, selbst für den Fall, dass die Geschwindigkeit sehr gross, etwa der Lichtgeschwindigkeit vergleichbar, sein sollte. Dass sie wesentlich grösser sein muss als der von J. J. Thomson angegebene Werth von 19 cm pro Mikrosecunde scheint schon aus bisher zu vorläufiger Orientirung angestellten Messungen zu folgen. Beim Fortschreiten zu rascheren Schwingungen werden die Wirkungen naturgemäss immer schwächer. Es wurde darum versucht, den das magnetische Hochfrequenzfeld erzeugenden Primärkreistheil in die Vacuumröhren selbst zu verlegen. Hierbei ergaben sich aber neben den erwarteten auch störende unerwartete Erscheinungen. Es hatte den Anschein als ob Kathodenstrahlen durch die Magnetkraftlinien des sie auslösenden Entladungsstromes selbst beeinflusst würden.

Als Beispiel folgte die Demonstration der Eigenthümlichkeit, dass der Kathodenschatten eines durch eine Vacuumröhre geführten Drahtes sich verbreitert und helle Ränder bekommt, sobald ein herausstehendes Ende des Drahtes mit dem Finger berührt, ja, sobald nur eine kleine Capacität in Gestalt eines kurzen isolirten Drahtstückchens angehängt wird. Wieder rückgängig gemacht werden kann die Schattenverbreiterung durch electrische Einflüsse, z. B. wenn wir das andere Ende eines angehängten längeren Drahtes an passende Stellen der secundären Spule anlegen. Enorm wird die Strahlablenkung durch den schattenwerfenden Körper bei dessen leitender Verbindung mit der Kathode, und das Bild stimmt dann ganz mit den von Goldstein beschriebenen Dunkelflächen. Es liegt darum nahe, auch in den anderen Fällen eine mit Goldstein's Deflexion der Kathodenstrahlen identische oder mindestens verwandte Erscheinung zu sehen und sodann zu versuchen, ob diese Deflexionserscheinungen nicht als Folgen des magnetischen Feldes electrischer Strömungen erklärt werden können.

Die Wirkung von magnetischen Schwingungen auf cohärent intermittirende Kathodenstrahlen verspricht auch ein Mittel zum Studium electrischer Wellen zu werden.

Hr. **E. Goldstein** erklärt ebenfalls die erwähnten Schattenverbreiterungen für identisch mit Deflexionserscheinungen, die

er in seiner Schrift „Eine neue Form electrischer Abstossung“ (Berlin 1880) beschrieben. Die Möglichkeit electrodynamischer Erklärung der Erscheinungen ist dort bereits erörtert, jedoch mit verneinendem Resultat. Auf gleichartige Erscheinungen hat Redner schon vor längerer Zeit[1]) die Bestimmung einer unteren Grenze für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Kathodenstrahlen gegründet, was Hrn. J. J. THOMSON entgangen zu sein scheint.

Hr. **F. v. Hefner-Alteneck** sprach dann

über einen Apparat zur Beobachtung und Demonstration kleinster Luftdruckschwankungen („Variometer“).

Wenn man eine mit Luft gefüllte, nicht zu kleine Flasche in einer engen, wagerecht liegenden Glasröhre nach aussen münden lässt, und in diese Röhre einen gefärbten Tropfen leicht beweglicher Flüssigkeit bringt, so stellt sich der Tropfen so ein, dass in und ausserhalb der Flasche gleicher Luftdruck herrscht. Er wird bei der geringsten einseitigen Druckveränderung stark verschoben, etwa um den 100- und mehrfachen Betrag desjenigen, welchen das Quecksilberbarometer anzeigt.

An einer so empfindlichen Vorrichtung kann man beobachten, dass der atmosphärische Druck nicht nur denjenigen langsamen Veränderungen unterworfen ist, welche das Barometer angibt, sondern dass auch kleine und häufige Schwankungen darin vorkommen, welche an gebräuchlichen Barometern gar nicht mehr oder nicht in ihrem richtigen Verlaufe wahrzunehmen sind.

Zur dauernden Beobachtung dieser kleinen Schwankungen wäre aber auch eine solche Vorrichtung noch unbrauchbar, weil die Glasröhre viele Meter lang gemacht werden müsste, um die Gesammtbewegung des Tropfens aufzunehmen. Dabei würde sich dieser durch Benetzung der Rohrwände aufbrauchen. Auch würden unvermeidliche Temperaturveränderungen in der Flasche ebenfalls grosse Verschiebungen des Tropfens herbeiführen.

---

1) E. GOLDSTEIN, Sitzber. Berl. Akad. Januar 1880, Wied. Ann. **12.** p. 90. 1880.



Bei dem nachstehend beschriebenen sehr einfachen und dauernd wirkenden Apparate (Variometer) werden die kleinen und schnell verlaufenden Luftdruckschwankungen allein zur Darstellung gebracht, während die langsamen und grossen Schwankungen, welche das Barometer anzeigt, unwirksam bleiben.

Es wird dieses Verfahren durch das wellenartige Auftreten der kleinen Schwankungen ermöglicht, etwa ähnlich wie auf dem Meere die Beobachtung der Wellenhöhen ohne Berücksichtigung etwaiger Niveauveränderungen.

Der neue Apparat, dessen Obertheil umstehend abgebildet ist, besteht demnach aus einer mit Filz oder Wollenzeug umhüllten Flasche von ungefähr 1 Liter Luftinhalt, welche durch einen Gummipfropfen mit 2 Durchbohrungen geschlossen ist. In die eine Durchbohrung ist die 2 bis höchstens 3 mm weite Glasröhre eingesteckt, welche den gefärbten Tropfen enthält. Dieser spielt in einem etwa 10 cm langen wagerechten Stück der Röhre, welches jedoch annähernd in einem sehr flachen Kreisbogen ein wenig nach unten durchgebogen ist. Die Mitte des Stückes liegt auf diese Art etwa um 4 mm tiefer wie die beiden äusseren Punkte.

Dahinter ist eine kleine Centimeterscala angebracht. Rechts und links an diesem Stück ist die Röhre wieder aufwärts gebogen und enthält kleine Kugeln oder Erweiterungen, damit beim Einsetzen des Pfropfens etc. der Tropfen nicht herausgeworfen wird.[1]) Die beiden Enden der Röhre sind schliesslich wieder abwärts gebogen, das nach aussen mündende, damit kein Staub hineinfällt.

In die andere Durchbohrung ist eine zweite Glasröhre

---

1) Um dies auch für weiteren Transport zu verhindern, kann man die von oben kommenden Rohrtheile in die Kugeln hineinragen lassen.

Je nachdem man das Rohr in einer Schleife, wie die Figur zeigt, biegt oder nicht, kann man das Ganze annähernd symmetrisch über der Flasche anordnen, oder seitlich davon abstehend.

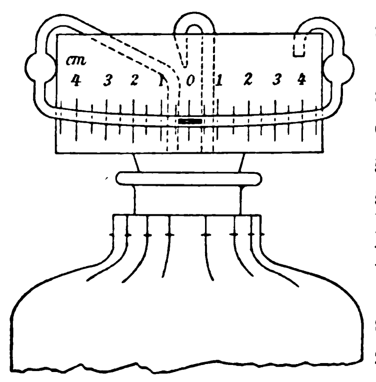
Für den Tropfen ist u. a. Petroleum, möglichst schwach mit Azobenzol gefärbt, gut verwendbar.

Fertig kann das „Variometer" bezogen werden von Warmbrunn, Quilitz & Co. Berlin C Rosenthalerstr. 40 zum Preise von Mark 3,60.

eingesteckt, welche in einer (abwärts gebogenen) möglichst fein ausgezogenen Spitze, oder in einem kurzen Stückchen angeschmolzenen Thermometerrohres ohne weiteres nach aussen mündet.

Diese feine Spitze oder Rohrmündung spielt eine mehrfache Rolle. Erstens bewirkt sie den stetigen Ausgleich der Druckdifferenzen bei unvermeidlichen langsamen Temperaturänderungen in der Flasche. Dass diese Aenderungen unter gewöhnlichen Umständen nur langsame sind, wird durch die Umhüllung der Flasche gewährleistet.

Zweitens bewirkt die feine Spitze, dass der gefärbte Tropfen, sich selbst überlassen, aus jeder abgelenkten Stellung dem tiefstgelegenen Punkte seiner Bahn wieder zufliesst. Das kann nur sehr langsam geschehen, weil die bewegende Kraft dabei sehr gering ist und dem gegenüber der Widerstand der gleichzeitig durch die Spitze ziehenden, wenn auch nur kleinen Luftmenge sich geltend macht.



Die äusseren Luftdruckschwankungen endlich wirken zwar sowohl gegen die Spitze, wie gegen die Oeffnung der weiten Röhre. Die kleinen Schwankungen haben aber, wenn sie überhaupt merklich auftreten, einen so schnellen Verlauf, dass sie eine nennenswerthe Menge Luft durch die feine Spitze nicht befördern können. Ihr Ausgleich mit dem innern Luftdruck findet so gut wie ausschliesslich durch die unverengte Röhre statt und kommt durch Hin- und Herbewegung des Tropfens zum Ausdruck.

Durch die erwähnte Eigenbewegung des Tropfens wird zwar jedesmal seine Auswärtsbewegung ein wenig verzögert und seine Einwärtsbewegung beschleunigt. Es handelt sich aber dabei, wie schon erwähnt, nur um sehr geringe Beträge, welche den Charakter der Schwankungen nicht verändern. Sie treten überdies der Krümmung der Röhre wegen bei kleinen Ausschlägen entsprechend schwächer auf, als bei grossen.

Die langsam verlaufenden grossen Luftdruckschwankungen dagegen finden ihren Ausgleich genügend durch die Spitze. Sie beeinflussen den Tropfen nur unmerklich und höchstens nur im Sinne einer Verschiebung seiner Mittellage.

Um die Empfindlichkeit des Apparatchens zu prüfen, braucht man es nur, ohne seine Neigung zu ändern[1]), an einem atmosphärisch nicht zu unruhigen Tage ein abgemessenes Stück in die Höhe zu heben, und die dabei auftretende Verschiebung des Tropfens, bevor sie sich langsam von selbst wieder ausgleicht, zu beobachten.

Man wird dabei finden, dass sie je nach der benutzten Rohrweite den 150- bis 300fachen Betrag der entsprechenden Barometerveränderung (bei uns 0,09 mm auf den Meter Höhendifferenz) aufweist.

Es lässt sich so ohne weiteres die Verminderung des Luftdrucks schon für 1 dcm Höhenunterschied deutlich erkennen, diejenige für 1 m aber schon vor einer grossen Personenzahl demonstriren.

Eine Vergrösserung der Flasche würde die Empfindlichkeit noch erhöhen.

Ueber bis jetzt mittels des beschriebenen „Variometer“ gemachte Beobachtungen sei nachträglich angeführt, dass die kleinen Luftdruckschwankungen in der ersten Hälfte des December (1895) dauernder und im allgemeinen ausgesprochener aufgetreten sind als in der zweiten, und dass am Vormittag des stürmischen sechsten, welcher in Berlin und Umgegend mit Gewittern und Schneefällen geendigt hat, die Bewegungen des Tropfens so heftige waren, dass sie beiderseits die Scala überschritten.

Es konnte ferner beobachtet werden, dass die kleinen Schwankungen auch zu Zeiten sich gleich bleibenden Barometerstandes vorkommen.

In einem bewohnten Hause bemerkt man ausser den atmosphärischen auch noch solche Druckschwankungen, die von bewegten Thüren etc. herrühren, in der Regel aber an der Art ihres Auftretens als solche zu erkennen sind.

1) Am einfachsten wird dazu die Flasche am Halse freihängend zwischen zwei Finger genommen.

Hr. **Neesen** besprach zunächst unter Vorlegung von Photographien

einen Blitzschlag,

von welchem ein Kirchthurm in der Provinz Sachsen im Verlaufe dieses Sommers heimgesucht ist. Das Thurmdach wurde fast ganz abgedeckt, nur die Sparren standen noch. An dieses Dach anschliessend, zeigte sich eine nach unten in der Breite sich verjüngende gewaltige Zerstörung des Mauerwerkes bis zur Höhe der Decke im Kirchenschiffe. An dieser entlang ist, wie die Absplitterung des Bewurfes zeigt, die Entladung bis zur Orgel weitergegangen. Auch im Dache des Kirchenschiffes waren einige Ziegel abgehoben. Es ähnelt die Zerstörung sehr derjenigen bei Blitzschlägen in einen Baum. Die Ursache derselben dürfte in dem jeden Blitzschlag begleitenden Wirbelwind, also der durch letzteren erzeugten Luftverdünnung ausserhalb des Thurmes zu suchen sein.

Ein weiterer, in seinen Folgen sehr viel verderblicher und wegen des Versagens einer Blitzableiteranlage doppelt bemerkenswerther Blitzschlag vernichtete am 31. Mai d. J. das Petroleumlager der Bremer Trading Co. in Harburg. Es waren dort 4 Tanks hintereinander angeordnet, von dem übrigen Terrain durch einen Erdwall von 2 m Höhe abgeschlossen. Jeder Tank bestand aus einem eisernen Behälter von etwa 20 m Durchmesser und 10 m Höhe. Die Tankdecke wurde von im Innern befindlichen hölzernen Deckstützen noch besonders gestützt. An die Tankanlage schlossen sich an, Lagerschuppen, Kesselhaus, Lagerplatz, auf welchem zur Zeit des Brandes 40 000 Stück gelagert haben sollen.

Die beiden vorderen, nach dem Lagerhaus gelegenen Tanks waren ganz gefüllt, die beiden anderen bis 3 m bez. 4 m Höhe.

Jeder Tank ist mit einem Mannloch in der Mitte der Decke von 55 cm Durchmesser und vier weiteren Oeffnungen von 20 cm Durchmesser versehen. Auf den letzteren Oeffnungen sassen Hauben, das Mannloch, welches fortwährend zur Vornahme von Arbeiten benutzt wird, hat einen beweglichen Deckel. Es sollen alle Mannlöcher geschlossen gewesen sein.

Die Blitzableiteranlage bestand bei jedem Tank aus 4 hohen, an der Seitenwand befestigten und einer auf die Mitte

der Decke aufgesetzten Fangstange, ferner einer an die Seitenwand angelötheten Erdableitung, die, wie ich mich nachträglich überzeugte, nichts zu wünschen überliess. Ausserdem hatten die Tanks noch eine sehr wirksame Ableitung durch ein System von eisernen Zufluss- und Abflussröhren.

Der Blitz soll nach den Aussagen von Augenzeugen in den dritten bis auf 3 m gefüllten Tank geschlagen sein, von welchem sich der Brand auf die anderen Tanks und von da auf die Gebäude und das Fasslager verbreitete. Die Angabe, dass gerade Tank No. 3 getroffen ist, dürfte nach meinen Erkundigungen an Ort und Stelle mit Vorsicht aufzunehmen sein. Von den ganz gefüllten Tanks No. 1 und 2, bei welchen übrigens immer noch etwa 0,3 m Luftraum zwischen Oberfläche des Petroleums und der Tankdecke vorhanden war, wurden durch Explosion die Decken abgerissen und auf die benachbarten Wiesen geschleudert. Bei den beiden anderen Tanks waren die Decken nur auf den Boden der Behälter zusammengesunken. Die beiden Gebäude und das Fasslager sind gänzlich verbrannt; trotz des gewaltigen Feuers, das von Abends 6 Uhr bis zum andern Morgen 9 Uhr anhielt und in Folge dessen die Oberfläche des Erdwalles bis auf 5 cm Stärke zusammengesintert ist, ist in der Umgebung der Brandstelle nichts, ausser einem Baume beschädigt worden, nicht einmal ein dicht neben letzterem stehender Heuhaufen. Das Petroleum in den Tanks brannte ruhig ab; ebenso die Fässer, sodass die eisernen Reifen der letzteren so schön aufeinander geschichtet waren, wie es absichtlich wohl kaum zu machen ist. Die Explosion bei den beiden Tanks 1 und 2 muss gleich im Beginne des Brandes erfolgt sein; nachdem das Unglück wahrgenommen, ist keine Explosion gehört. Ein auf dem benachbarten Grundstück arbeitender Mann wurde erst durch das Niederfallen eines grossen Stückes Eisenblech in seiner unmittelbaren Nähe auf den Brand aufmerksam gemacht.

Wie ist nun das Versagen des Blitzableiters zu erklären? Letzterer war entschieden mit grosser Sorgfalt angelegt; ein Mangel an Erdleitung kann nach dem Befinden über die Güte derselben unmöglich die Ursache gewesen sein. Für die Annahme eines Abspringens der Entladung nach dem Innern der Tanks liegt gar kein Grund vor. Daher erscheint mir als

einzige Deutung die, dass der Blitz eine der Stangen getroffen hat und dass sich an diesem Blitzfunken die über den Tanks lagernden Petroleumdämpfe entzündet haben. Diese Ansicht wird gestützt durch Versuche, die ich über Entzündbarkeit von Petroleum, Aether und Alkohol ad hoc anstellte. Die betreffenden Flüssigkeiten befanden sich in eisernen Schalen, abgedeckt durch einen Deckel, der Oeffnungen von 0,5 bis 1 cm Durchmesser hatte. Auf diesen Deckel wurde der Entladungsfunke einer Batterie von Leydener Flaschen geleitet. Ueberstrich dieser Funke eine Oeffnung, so zeigte sich bei allen Flüssigkeiten ein flatternder Lichtschein, zum Zeichen, dass die aus der Oeffnung tretenden Dämpfe sich entzündet hatten. Bei Vergrösserung der Dampfentwickelung durch vorsichtiges Erhitzen trat regelmässig ein Ueberschlagen des Funken und Entzündung der Flüssigkeiten ein.

Mit Hinsicht auf diese Möglichkeit einer Entzündung der oberhalb der Tanks lagernden Dämpfe an dem den Blitzableiter treffenden Blitzstrahl ist die bei der Harburger Anlage gewählte Anordnung des Blitzableiters, welche ja in anderen Fällen sehr angebracht ist, zu verwerfen. Es würde die Weiterverbreitung der Flamme in das Innere des Tanks vermieden werden können, wenn alle Oeffnungen nach Art der Davy'schen Sicherheitslampen durch Drahtnetze verschlossen würden. Versuche, bei welchen die Oeffnungen in den Deckeln der die verdampfenden Flüssigkeiten enthaltenden eisernen Schalen durch Drahtnetze geschlossen wurden, zeigten, wie zu erwarten stand, dass in keinem Falle die Flamme in das Innere schlug. Doch kann man sich nie darauf verlassen, dass bei noch so strengen Vorschriften die Mannlöcher, welche täglich wegen Vornahme von Arbeiten geöffnet werden müssen, stets wieder sicher mit dem Drahtnetz verschlossen werden. Ein sicheres Anliegen des Netzes an allen Stellen ist aber nöthig, weil sich sonst an den lockeren Berührungsstellen noch Funken bilden können. Bei den vorher genannten Versuchen zeigte sich, dass, auch wenn das auf der eisernen Schale liegende Drahtnetz, ebenso wie die Schale zur Erde abgeleitet waren, doch noch an den Stellen der lockeren Berührung zwischen Netz und Schale kleine Funken entstanden.

Meines Erachtens wird daher bei ähnlichen Anlagen der



Verschluss aller nöthigen Oeffnungen durch Drahtnetze zwar zu fordern sein, aber es muss, um den Blitzfunken möglichst fern von den Petroleumdämpfen über den Tanks zu halten, die Anbringung von Fangstangen an den Tanks selbst unterbleiben, dafür die ganze Tankanlage mit ausserhalb derselben etwa an der Aussenseite des die Tanks umgebenden Erdwalles angebrachten Fangstangen geschützt werden. Dazu sind Masten anzuordnen, an welchen Eisen- oder Kupferdrähte hochgeführt werden, sodass die Enden der letzteren die Tankdecke um 3 m überragen. Auf jeden Tank von der Grösse wie bei der Harburger Anlage sind an jeder Seite 2 solche Masten zu rechnen. Die einzelnen Stangen sind natürlich untereinander und mit den Wänden der Tanks unterhalb der Decke der letzteren zu verbinden. Vorzüglich verzweigte Erdableitung ist unerlässlich.[1])

Hr. **Neesen** machte dann noch auf eine Arbeit der Hrn. Albert Cussing Crehore und Dr. George Aven Squier (Journal of the United States Artillery 1895) aufmerksam, in welchem eine auf der electromagnetischen Drehung beruhende Methode zur Bestimmung der Anfangsgeschwindigkeit der Geschosse angegeben wird. Durch das Geschoss wird ein Stromkreis, der vorher von dem Geschosse selbst geschlossen ist, an zwei in bekannten Entfernungen liegenden Orten geöffnet. Der Stromkreis ist um eine mit Schwefelkohlenstoff gefüllte Röhre herumgeführt, welche sich zwischen zwei auf Dunkel eingestellte Nicols befindet. Ein Lichtstrahl, dessen Durchgang während der Stromdauer durch die electromagnetische Drehung ermöglicht wird, trifft eine mit bekannter Geschwindigkeit rotirende photographische Platte

---

1) Ueber den Harburger Fall berichtet, wie ich nachträglich erfahre, auch Dr. Höpke in den Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen. Zu diesen Ausführungen möchte ich bemerken, dass von Tank 3 die Decke nicht abgeschleudert ist, also dort keine Explosion erfolgte. Was das Bedenken in Betreff der Drahtgitter betrifft, wonach letztere versagen müssen, weil sie glühend werden, so ist zu beachten, dass bei dem Abbrennen der Dämpfe oberhalb dieser Netze ein Glühendwerden nicht zu befürchten sein wird.

und zeichnet auf dieser eine Linie, aus deren Länge die Zeit zwischen zwei Oeffnungen des Stromkreises ermittelt werden kann. Als erstes Ergebniss ist der sichere Nachweis zu erwähnen, dass die Geschwindigkeit des Geschosses auch nach Verlassen des Geschützrohres noch ansteigt, also dass die Pulvergase auch dann noch eine merkbare Wirkung haben.

Mitgliederliste.

Im Jahre 1895 wurden in die Gesellschaft aufgenommen die Herren:
Dr. Altschul. Frhr. v. Beaulieu. Dr. U. Behn. Dr. A. Coehn. Dr. Edler, Dr. J. Elster. Dr. S. Epstein. Dr. Felgenträger. H. Geitel. Dr. H. Krüss. Dr. Kühnen. Major Nieber. Dr. R. Scholz. Frhr. v. Seher-Thoss. Dr. Siebert.

Dagegen verlor die Gesellschaft durch Tod:
Prof. Dr. H. Knoblauch, Prof. Dr. C. Ludwig, Prof. Dr. G. Spörer, Prof. Dr. Worpitzky.

Ihren Austritt aus der Gesellschaft erklärten die Herren:
Dr. Sell, Dr. Jagor, Prof. Dr. Jahn, Dr. Köbke.

Am Ende des Jahres 1895 waren Mitglieder der Gesellschaft:

Hr. Prof. Dr. Adami in Bayreuth.
— Dr. Altschul*), N., Putbusserstrasse 29.
— Prof. K. Ångström in Stockholm, Stockholm's Högskola.
— Dr. F. S. Archenhold, Grunewald, Sternwarte.
— Prof. Dr. H. Aron, W., Lichtensteinallee 3a.
— Dr. L. Arons, SW., Königgrätzerstrasse 109.
— Prof. Dr. R. Assmann, Grünau, Victoriastrasse 6.
— Dr. E. van Aubel in Brüssel, Rue royale 3.
— Prof. Dr. Avenarius in Kiew.
— O. Baschin, W., Schinkelplatz 6.
— Frhr. v. Beaulieu, Cassel.
— Dr. U. Behn, NW., Reichstagsufer 7/8.
— Dr. W. Bein, W., Schaperstr. 36.
— P. Benoit, SW., Wartenburgstrasse 23.
— A. Berberich, SW., Lindenstr. 91.
— Dr. G. Berthold in Ronsdorf.
— Prof. Dr. W. v. Bezold, W., Lützowstrasse 72.
— Prof. Dr. E. Blasius, Charlottenburg, Knesebeckstrasse 96.
— A. Blümel, SO., Melchiorstrasse 22.
— Prof. Dr. R. Börnstein, Wilmersdorf, Lieckstrasse 10.
— Dr. H. Böttger, NW., Lessingstrasse 10.
— Dr. H. E. J. G. du Bois, NW., Schiffbauerdamm 21.
— A. du Bois-Reymond in Westend bei Berlin, Ahorn-Allee 42.
— Prof. Dr. E. du Bois-Reymond, NW., Neue Wilhelmstrasse 15.
— Prof. Dr. L. Boltzmann in Wien.
— Prof. Dr. F. Braun in Strassburg.
— Prof. Dr. A. Brill in Tübingen.
— Dr. W. Brix in Charlottenburg. Berliner Strasse 13/14.

Hr. Dr. W. Brix jun., SW., Schützenstrasse 3.
— Dr. E. Brodhun, Col. Grunewald, Hubertusbaderstr. 22.
— Dr. C. Brodmann, NW., Flensburgerstrasse 2.
— Telegraphendirector Brunner in Wien.
— Prof. Dr. Bruns in Leipzig.
— Prof. Dr. E. Budde, NW., Klopstockstrasse 53.
— Prof. Dr. F. Burckhardt in Basel.
— Dr. R. Burg, NW., Mittelstr. 3.
— Dr. M. Busolt, W., Steglitzerstrasse 55.
— Dr. F. Caspary, W., Schlüterstrasse 67.
— Prof. Dr. E. B. Christoffel in Strassburg i. E.
— Prof. Dr. O. Chwolson in St.-Petersburg.
— Dr. A. Coehn, NW., Altonaerstrasse 27.
— Dr. Dehms in Potsdam.
— Prof. Dr. C. Dieterici in Hannover.
— Prof. Dr. Dietrich in Stuttgart.
— Dr. P. Drude in Leipzig.
— Dr. E. v. Drygalski, W., Steglitzerstrasse 24.
— Dr. A. Ebeling, W., Winterfeldtstrasse 30b.
— Dr. Edler, Potsdam, Meteorol. Institut.
— Dr. J. Elster, Wolfenbüttel.
— Dr. S. Epstein, N., Elsasserstr. 49.
— Prof. Dr. E. O. Erdmann, SW., Hafenplatz 7.
— F. Ernecke, SW., Königgrätzerstrasse 112.
— Dr. M. Eschenhagen in Potsdam, Magnetisches Observatorium.
— Dr. C. Färber, SO., Elisabethufer 41.
— Dr. Felgenträger, Potsdam, Meteorol. Institut.

*) Berlin ist in dem Verzeichniss weggelassen.

Hr. Dr. K. Feussner in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Fick in Würzburg.
— Prof. Dr. R. Finkener, W., Burggrafenstrasse 2a.
— Dr. K. Fischer, N., Swinemünderstrasse 138a.
— Dr. A. Franke, NW.. Bachstr. 4.
— Dr. G. Freund, NW., Unter den Linden 69.
— Prof. Dr. O. Frölich, Steglitz, Hohenzollernstrasse 5.
— Prof. Dr. Fromme in Giessen.
— Prof. Dr. L. Fuchs, NW., Kronprinzenufer 24.
— R. Fuess in Steglitz, Düntherstrasse 8.
— Prof. Dr. J. Gad in Prag.
— H. Geitel in Wolfenbüttel.
— Dr. H. Gerstmann, Charlottenburg, Uhlandstrasse 178.
— Dr. W. Giese, W., Bülowstr. 80.
— Prof. Dr. P. Glan, NW., Klopstockstrasse 65.
— Prof. Dr. E. Goldstein, SW., Königgrätzerstrasse 92.
— Prof. Dr. D. Goldhammer in Kasan.
— Prof. Dr. L. Grätz in München, Arcisstrasse 8.
— Dr. Th. Gross, Charlottenburg, Schlossstrasse 56.
— Prof. Dr. P. Groth in München.
— Prof. Dr. Grotrian in Aachen.
— Prof. Dr. L. Grunmach, W., Nürnbergerstrasse 22.
— Prof. Dr. G. Gruss in Prag, Böhmische Sternwarte.
— Prof. Dr. S. Günther in München.
— Dr. E. Gumlich in Charlottenburg, Schlüterstrasse 71.
— H. Hänsch, S., Stallschreiberstr. 4.
— Dr. E. Häntzschel, W., Gleditschstrasse 43.
— Prof. Dr. E. Hagen, W., Kurfürstenstrasse 76 III.
— Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff in Basel.
— H. Hahn, NW., Melanchthonstrasse 12.
— Prof. Dr. M. Hamburger, NW., Karlstrasse 28.
— Prof. Dr. Hammerl in Innsbruck.
— G. Hansemann, W., Maassenst. 29.
— Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstrasse 6.
— Dr. B. Hecht in Königsberg i. Pr.
— F. v. Hefner-Alteneck, W., Hildebrand'sche Privatstrasse 9.
— Prof. Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstrasse 2/3.

Hr. Prof. Dr. K. Hensel, W., Kurfürstendamm 116.
— Prof. Dr. A. Heydweiller in Breslau.
— Prof. Dr. J. Hirschwald in Charlottenburg, Hardenbergstrasse 9.
— Dr. H. Hohnhorst, SW., Belleallianeestrasse 80.
— Dr. L. Holborn, Charlottenburg, Schlossstrasse 3.
— Dr. K. Hollefreund, S., Alexandrinenstrasse 36.
— Prof. Dr. R. Hoppe, S., Prinzenstrasse 69.
— Dr. W. Howe in Westend bei Berlin, Kastanienallee 4.
— Prof. Dr. Hutt in Bernburg.
— Dr. W. Jaeger in Charlottenburg, Goethestrasse 16.
— Dr. E. Jahnke, Charlottenburg, Kantstrasse 24.
— Dr. S. Kalischer, W., Ansbacherstrasse 14.
— Prof. Dr. G. Karsten in Kiel.
— Dr. C. Kassner, SW., Hallesche Strasse 20.
— Dr. W. Kaufmann, W., Magdeburgerstrasse 20.
— Prof. Dr. H. Kayser in Bonn.
— Prof. Dr. E. Ketteler in Münster i. W.
— Prof. Dr. J. Kiessling in Hamburg.
— Dr. L. Klecki in Krakau, Wielopola 1.
— Prof. Dr. F. Klein in Göttingen.
— Prof. Dr. A. König, NW., Flemmingstrasse 1.
— Prof. Dr. W. König in Frankfurt a. M., Adlerflychstrasse 11.
— Dr. A. Köpsel, S., Kommandantenstrasse 46.
— Dr. F. Kötter, S., Annenstr. 1.
— Prof. Dr. M. Koppe, O., Königsbergerstrasse 16.
— Prof. Dr. F. Kohlrausch, Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Prof. Dr. W. Kohlrausch in Hannover.
— Prof. Dr. G. Krech, S., Brandenburgstrasse 43.
— Dr. V. Kremser, NW., Spenerstrasse 34.
— Dr. O. Krigar-Menzel, W.. Ansbacherstrasse 48.
— Prof. Dr. H. Kronecker in Bern.
— Dr. H. Krüss. Hamburg.
— Dr. Kühnen in Potsdam, Geodät. Institut.
— Dr. F. Kurlbaum, W., Kurfürstendamm 31.

Hr. Prof. Dr. E. Lampe, W., Kurfürstenstrasse 139.
— Prof. Dr. H. Landolt, W., Königgrätzerstrasse 123b.
— Prof. Dr. C. Lange, W., Lutherstrasse 47.
— Prof. Dr. J. Lange, SW., Möckernstrasse 85.
Dr. E. Less, NW., Albrechtstrasse 18.
— Dr. L. Levy, W., Blumenthalstrasse 17.
— Prof. Dr. Liebisch in Göttingen.
— Prof. Dr. O. Liebreich, NW., Neustädtische Kirchstrasse 9.
— Dr. St. Lindeck in Charlottenburg, Göthestrasse 68.
— Dr. E. Loew, SW., Grossbeerenstrasse 1.
— Prof. Dr. E. v. Lommel in München, Kaiserstrasse 10.
— Prof. Dr. H. A. Lorentz in Leyden.
— Dr. G. Lübeck, N., Prenzlauer Allee 2.
— Prof. Dr. O. Lummer in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 68a.
— Dr. A. Mahlke, Charlottenburg, Spreestrasse 1.
— Dr. G. Melander in Helsingfors.
— Dr. B. Meth, W., Eisenacherstrasse 11.
— Dr. Ernst Meyer, SW., Möckernstrasse 121.
— Dr. G. Meyer in Freiburg i. B., Colombistr. 12.
— Dr. H. Meyer, W., Blumenthalstrasse 17.
— Prof. Dr. O. E. Meyer in Breslau.
— Dr. W. Meyer, NW., Moltkestrasse 4.
— Dr. C. Michaelis in Potsdam, Schützenplatz 1a.
— Dr. P. Micke, W., Kleiststr. 15.
— Dr. James Moser in Wien.
— Dr. R. Müller, W., Wilhelmstrasse 40a.
— Dr. W. Müller-Erzbach in Bremen.
— Prof. Dr. A. Müttrich in Eberswalde.
— Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstrasse 4.
— Dr. R. Nahrwold, SW., Planufer 31.
— Prof. Dr. F. Neesen, W., Zietenstrasse 6c.
— Prof. Dr. W. Nernst in Göttingen, Hertzb. Chaussee 13.
— Prof. Neubert in Dresden.
— Prof. Dr. C. Neumann in Leipzig.

Hr. Major Nieber, W., Neue Winterfeldstrasse 3a.
— Prof. Dr. A. Oberbeck in Tübingen.
— Prof. Dr. A. v. Oettingen in Leipzig.
— Prof. Dr. Paalzow, W., Wilhelmstrasse 50.
— Prof. Dr. J. Pernet in Zürich-Hottingen.
— Prof. Dr. F. Petri, SO., Köpenickerstrasse 22a.
— Prof. Dr. L. Pfaundler in Graz.
— Dr. J. Picker, Bensberg.
— Prof. Raoul Pictet, C., Neue Promenade 3.
— Prof. Dr. M. Planck, W., Tauenzienstrasse 18a.
— Prof. Dr. L. Pochhammer in Kiel.
— Dr. F. Pockels in Göttingen, Bühlstr. 36.
— Prof. Dr. F. Poske, SW., Hallesche Strasse 21.
— Prof. Dr. W. Preyer in Wiesbaden, Villa Panorama.
— Dr. E. Pringsheim, NW., Kronprinzenufer 25.
— Dr. M. Prytz in Kopenhagen, Falkonergaardsvej 12.
— Prof. Dr. G. Quincke in Heidelberg.
— Dr. R. Radau in Paris.
— Dr. A. Raps, SW., Johanniterstrasse 18.
— Prof. Dr. Recknagel in Augsburg.
— Prof. Dr. O. Reichel in Charlottenburg, Bismarckstr. 126.
— Dr. W. Reiss, W., Kurfürstenstrasse 98.
— Renisch in Essen.
— Prof. Dr. F. Richarz in Greifswald.
— Dr. E. Richter, Charlottenburg, Kantstrasse 52.
— Prof. Dr. E. Riecke in Göttingen.
— Dr. R. Ritter, NW., Herwarthstrasse 3a.
— Dr. M. v. Rohr, W., Motzstr. 75.
— Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlstrasse 24.
— Prof. Dr. J. Rosenthal in Erlangen.
— Director Dr. F. Roth in Leipzig.
— Prof. Dr. H. Rubens, W., Tauenzienstrasse 10.
— Prof. Dr. Fr. Rüdorff in Charlottenburg, Marchstrasse 7e.
— Prof. Dr. Rühlmann in Chemnitz.
— Prof. Dr. C. Runge in Hannover.
— Prof. Dr. Saalschütz in Königsberg in Pr.

Hr. Prof. Dr. P. Schafheitlin in Charlottenburg, Joachimsthalerstr. 1.
— Dr. K. Scheel in Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Prof. Dr. J. Scheiner in Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. R. Schelske, NW., Beethovenstrasse 3.
— Prof. Dr. V. Schemmel, SW., Urbantrasse 176.
— Dr. Schenk, N., Strassburgerstr. 2.
— Prof. Dr. K. Schering in Darmstadt.
— M. Schlegel, W., Bellevuestr. 15.
— Dr. Schönach in Innsbruck.
— Dr. O. Schönrock, Charlottenburg, Bismarkstrasse 96.
— Prof. Dr. J. Scholz, S. Hasenh. 54.
— Dr. P. Scholz in Steglitz.
— Dr. R. Scholz, N., Schlegelstr. 4.
— Prof. F. Schotte, SW., Grossbeerenstrasse 27a.
— Dr. P. Schottländer in Charlottenburg, Göthestrasse 87.
— Dr. Schülke in Osterode in O./Pr.
— Prof. Dr. B. Schwalbe, NW., Georgenstrasse 30/31.
— Dr. G. Schwalbe, NW., Georgenstrase 30/31.
— R. Seebold, W. Landgrafenstr. 16.
— Frhr. v. Seher-Thoss, W., Hohenzollernstrasse 11.
— Dr. Siebert, Gross-Lichterfelde, Potsdamerstrasse 61.
— Dr. G. Sieben in Gross-Lichterfelde.
— Wil. v. Siemens, W., Thiergartenstrasse 10.
— Prof. Dr. P. Silow in Warschau.
— Dr. W. Sklarek, W., Lützowstrasse 63.
— Prof. Dr. A. Slaby in Charlottenburg, Sophienstrasse 4.
— Dr. P. Spies, Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. A. Sprung in Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Dr. Steiner in Erlangen.
— Dr. K. Strecker, Gross-Lichterfelde, Promenadenstrasse 9.
— Prof. Dr. V. Strouhal in Prag, Clementinum.
— Dr. R. Süring in Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Dr. Theurer in Prag.
— Dr. B. Thierbach in Charlottenburg, Bismarkstrasse 115.

Hr. Prof. Dr. M. Thiesen in Friedrichshagen, Ahornallee 10.
— Dr. B. v. Tietzen-Hennig, Westend, Kastanienallee 4.
— Prof. H. Thurein, N., Chausseestrasse 40.
— Dr. Fr. Vettin, SW., Bernburgerstrasse 24.
— Prof. Dr. R. Virchow, W., Schellingstrasse 10.
— Prof. Dr. H. C. Vogel in Potsdam, Astrophysikal. Observat.
— Prof. Dr. H. W. Vogel, Grunewald-Colonie, Schinkelstr. 4.
— Prof. Dr. P. Volkmann in Königsberg i. Pr.
— Dr. R. Wachsmuth, Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Dr. E. Wagner in Breslau.
— Prof. Dr. A. Wangerin in Halle a. S., Burgstrasse 27.
— Prof. Dr. E. Warburg, NW., Neue Wilhelmstrasse 16.
— Dr. C. L. Weber, SW., Yorkstr. 9.
— Prof. Dr. H. F. Weber in Zürich.
— Prof. Dr. L. Weber in Kiel.
— Prof. Dr. W. Wedding, W., Kurfürstenstrasse 111.
— Prof. Dr. K. Weierstrass, W., Friedrich Wilhelmstrasse 14.
— Prof. Dr. J. Weingarten, W., Regentenstrasse 14.
— Prof. Dr. B. Weinstein, S., Urbanstrasse 1.
— Dr. C. Weltzien in Zehlendorf.
— Dr. K. Wesendonck, W., Wilhelmstrasse 66.
— F. Wiebe, Charlottenburg, Leibnitzstrasse 78a.
— Dr. E. Wiechert in Königsberg i. Pr.
— Prof. Dr. G. Wiedemann in Leipzig, Thalstrasse 35.
— Prof. Dr. E. Wiedemann in Erlangen.
— Dr. M. Wien in Würzburg.
— Dr. W. Wien in Westend bei Berlin, Rüsternallee 8.
— Prof. Dr. O. Wiener in Giessen.
— Prof. Dr. J. Wilsing in Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. W. Wolff in Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. A. Wüllner in Aachen.
— R. Wurtzel, NW., Luisenstrasse 62.
— Prof. Dr. W. v. Zahn in Leipzig.



Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

im Jahre 1896.

Fünfzehnter Jahrgang.

Herausgegeben

von

Arthur König.



Leipzig, 1896.

Verlag von Johann Ambrosius Barth.

(Arthur Meiner.)

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhaltsverzeichniss *).

*) An den durch die fettgedruckten Seitenzahlen bezeichneten Stellen finden sich ausführlichere Mittheilungen über die betreffenden Gegenstände.

02
84
01
17

08

11

20

26

28

31



G. KARSTEN. W. HEINTZ. H. KNOBLAUCH.

E. BRÜCKE E. du BOIS-REYMOND. W. BEETZ.

14. Juni 1845.

Verlag v. Johann Ambrosius Barth. Gravure Meisenbach Riffarth & Co. Berl.



ZUM

50JÄHRIGEN BESTEHEN

DER

PHYSIKALISCHEN GESELLSCHAFT

ZU BERLIN

GEWIDMET

VON DER

VERLAGSBUCHHANDLUNG

JOHANN AMBROSIUS BARTH

IN LEIPZIG

Jahrg. 15. Nr. 1.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Feier des fünfzigjährigen Stiftungsfestes der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

am 4. Januar 1896.

Die Feier, zu der eine grosse Anzahl von Ehrengästen, sowie die Damen der Mitglieder eingeladen waren, bestand aus drei Theilen, nämlich

1. einer um 5 Uhr beginnenden, mit Demonstrationen verbundenen Sitzung im grossen Hörsaale des Physikalischen Instituts der Universität, an welche sich
2. ein Rundgang durch das Institut anschloss, und
3. einem um 8 Uhr beginnenden Festessen im Hotel „Reichshof“.

1.

Sitzung im grossen Hörsaal des Physikalischen Instituts.

Unter dem Ehrenvorsitz des Hrn. **E. du Bois-Reymond** begrüsste Hr. **W. v. Bezold** die Anwesenden und ertheilte das Wort Hrn. **E. Warburg,** der zur vorläufigen Orientirung einen Ueberblick über die vorbereiteten Demonstrationen gab.

Hr. **E. Warburg** führte dann einige der HERTZ'schen Spiegelversuche nach der Methode von ZEHNDER mit einem Hochspannungsaccumulator von 1080 Elementen in dem durch zwei Bogenlampen erleuchteten Saal vor. Es wurde, während die Axen der Spiegel zusammenfielen, die Durchlässigkeit des Holzes, die Undurchlässigkeit des menschlichen Körpers für die Strahlen gezeigt und der Gitterversuch ausgeführt. Endlich wurde, während die Axen der Spiegel einen Winkel von

90° mit einander bildeten, die Reflexion der Strahlen durch das Gitter gezeigt, wenn die Gitterdrähte der Schwingungsrichtung parallel waren.

Hr. **E. Orlich** zeigte darauf

„einige Versuche mit Wechselströmen“.

Diese Versuche sind zuerst von Elihu Thomson[1]) in grossartigstem Maassstabe ausgeführt worden und alsdann von V. v. Lang[2]) in eine Form gebracht, welche gestattet, dieselben mit geringeren Hülfsmitteln auszuführen. Die vorgeführten Versuche waren den Angaben V. v. Lang's nachgebildet.

In eine auf eine hölzerne Rolle gewickelte Spule von 9 cm Höhe und 13 cm Durchmesser war ein aus einem Eisendrahtbündel bestehender Kern von 5,3 cm Durchmesser gesteckt, welcher auf der einen Seite der Spule um 26 cm herausragte. In diese Spule wurde der Strom einer Wechselstrommaschine geschickt; die Wechselzahl betrug etwa 200, wie durch den Ton gezeigt wurde, der entsteht, wenn man auf den Eisenkern eine dünne Eisenplatte legt.

Die Inductionswirkungen einer solchen Spule sind ausserordentlich stark. Schiebt man eine durch eine kleine Glühlampe geschlossene Spule von wenigen Windungen über den Eisenkern, so geräth die Lampe in hellstes Glühen. Ein einfacher dicker Kupferring über das Drahtbündel geschoben, wird in wenigen Secunden so heiss, dass man leicht brennbare Körper daran entzünden kann.

Durch die Abmessungen der Spule und des Kerns ist es nun erreicht, dass der inducirte Strom gegen den inducirenden in seiner Phase um 180° verschoben ist. Derartige Ströme stossen aber einander ab. Diese Kräfte kann man sichtbar machen, indem man Metallringe um den Eisenkern legt.

Ein Kupferring, 470 g schwer, wird in einer Höhe von 10—15 cm über seiner Ruhelage frei schwebend erhalten.

---

1) E. Thomson, „Was ist Electricität?“ Uebersetzt von Discher. Leipzig und Wien 1890.

2) V. v. Lang, Sitzungsber. der Akad. der Wissensch. in Wien, math.-nat. Cl. Bd. CII. Abth. II. 4. Mai 1893.

Leichtere Ringe aus Kupfer oder Aluminium werden beim plötzlichen Stromschluss ca. 3 m hoch in die Luft geschleudert.

V. v. LANG hat noch einige andere derartige Experimente beschrieben, auf deren Vorführung jedoch verzichtet wurde.

Hr. L. **Arons** zeigte zunächst die bekannte Erscheinung, dass ein electrischer Lichtbogen zwischen Metallelectroden ebenso gut zu erzeugen ist, wie zwischen Kohlenelectroden, solange man mit Gleichstrom arbeitet. Wird dagegen als Stromquelle die Wechselstrommaschine benutzt, welche eine mittlere Spannung von etwa 200 Volt liefert, so entsteht zwar zwischen Kohlenelectroden ein prächtiger Lichtbogen, beim Auseinanderziehen der vorher in Contact befindlichen Silberelectroden aber entsteht nur ein kleiner Funke, ohne dass ein weiterer Electricitätsübergang eingeleitet wird. Die gleiche Erscheinung beobachtet man bei allen untersuchten Metallen (Ag, Al, Au, Cu, Fe, Messing und Nickelin). Ein früherer Beobachter, ZUCHRISTIAN[1]) in Innsbruck, hat gelegentlich seiner Versuche mit Fe und Messingelectrode darauf hingewiesen, dass wohl die grössere Wärmeleitungsfähigkeit der Metalle gegenüber der Kohle diese Erscheinung erkläre — die Kohlenelectroden überdauern die Zeit der Stromlosigkeit mit geringerem Temperaturverlust. Der Vortragende hob hervor, dass eingehendere Versuche[2]) ihn veranlassten, weitere Ursachen zur Erklärung heranzuziehen. Er wies darauf hin, dass das besondere Verhalten von Metallelectroden gegenüber Wechselströmen schon vor der Beobachtung im Laboratorium seitens eines amerikanischen Technikers[3]) zum Schutz von Wechselstromstarkstromleitungen gegen Blitzschlag verwendet worden ist.

Hr. A. **König** demonstrirte

die Zersetzung des Sehpurpurs durch das Licht.

In einer 2 cm langen, 1 cm im Durchmesser enthaltenden Glasröhre, die an den Enden durch aufgekittete plane Glas-

1) ZUCHRISTIAN, Wien. Ber. **102.** p. 567—576. 1893.

2) ARONS, Wied. Ann. **57.** p. 185. 1896.

3) WURTS, Transact. of the American Institute of Electrical Engineers **9.** p. 102. 1892.

plättchen geschlossen war, befand sich concentrirte Sehpurpurlösung.

Dieses Gefäss war so aufgestellt, dass seine Axe mit der Axe des von einer Zirkonlampe ausgesandten Lichtbündels zusammenfiel; von seinem Querschnitt wurde durch eine Projectionslinse ein scharfes Bild auf einem Schirm entworfen. Er erschien im ersten Augenblick nach der Wegnahme der die Zirkonlampe anfänglich abblendenden Kappe als grosse purpurroth gefärbte Kreisfläche. Im Verlauf von etwa einer halben Minute verblasste aber dieses Purpur zu einem beinahe farblosen Gelb, welches von der geringen in der Lösung stets enthaltenen Blutbeimischung herrührt und daher auch durch weitere, noch so lange und intensive Belichtung nicht beseitigt werden kann.

Der Vortragende erwähnte zum Schlusse kurz die beiden von ihm und Hrn. J. v. Kries über die Bedeutung des Sehpurpurs für das Sehen aufgestellten Theorien. Nach der Ansicht des Vortragenden, welche noch die Zustimmung von v. Helmholtz gefunden hat, ist die Zersetzung des Sehpurpurs die Ursache der Blauempfindung, während nach der Theorie des Hrn. v. Kries die Grauempfindung damit verbunden ist.

Hr. **H. W. Vogel** demonstrirte seine bereits in der Physikalischen Gesellschaft gezeigten[1]) Farbenwahrnehmungen durch Versuche. Als neu sind die Versuche mit Spectralfarben zu erwähnen, die wegen der beschränkten Zeit nur theilweise durchgeführt werden konnten. Es wurde gezeigt, dass der volle Farbeneindruck des objectiven Spectrums der electrischen Lampe nur dadurch zu Stande komme, dass alle Farben gleichzeitig erschienen und die eine Farbe die Wirksamkeit der andern durch den fühlbaren Contrast erhöhe. Schneidet man aber durch passend eingeschaltete enge Schlitze alle Farben bis auf eine, z. B. Blau oder Grün, ab, so erscheinen diese blässer, mehr grau. Sofort aber erscheint das Blau feuriger, gesättigter, wenn man die gelben Strahlen einer Natronflamme passender Lichtstärke auffallen lässt. In gleicher Weise bekommt spectrales, für sich mehr Grau erscheinendes Grün

1) Vgl. Verhandlungen der Physikal. Gesellsch. Jahrg. VII. p. 56; Jahrg. XIII. p. 97; Wied. Ann. **54**. p. 745. 1895.



erst durch Zutritt von rothem Licht seine volle Wirkung als Grün.

Noch am besten in seiner Eigenfarbe erscheint isolirtes Spectralroth. Die übrigen Versuche zeigten die Wirkung möglichst rein rothen, gelben und blauen Lichtes auf eine Farbentafel, wobei im ersten Falle die rothen, im zweiten die gelben, im dritten die blauen Felder als fast weiss oder grau erscheinen und der Eindruck Roth der rothen Felder bei rothem Licht erst durch den Zutritt grüner, der Eindruck Gelb bei gelbem Licht durch den Zutritt blauer und der Eindruck Blau bei blauem Licht durch den Zutritt gelber Strahlen geweckt wird. Ferner wurde gezeigt, dass durch Zutritt rother Strahlen zu blauer Beleuchtung sowohl die rothen als auch die gelben Felder gelb erscheinen, obgleich gar kein gelbes Licht vorhanden ist.

Sehr wichtig ist hierbei das richtige Verhältniss der Helligkeit der farbigen Lichter; sodass einige Experimente durch den zu geringen Gasdruck etwas beeinträchtigt wurden.

Schliesslich wurde demonstrirt, dass spritlösliches Anilinblau und Kupferoxydammon in Lösung so abgestimmt werden können, dass sie am Tage sich gar nicht unterscheiden, legt man aber auf Flaschen mit gedachten Lösungen eine Flasche mit „Säuregelb“ [1]), so erscheint die Kupferoxydammonflasche in der Durchsicht deutlich grün, die Anilinblauflasche dagegen deutlich roth.

Nunmehr ergriff Hr. **Cl. du Bois-Reymond** das Wort:

Fern, ferne von hier, fast am Ende der Welt,
Ist ein hohler Spiegel aufgestellt.
Da er fünfundzwanzig Lichtjahr weit,
Erscheinet darin die Vergangenheit.

Und wer im Fernrohr den Ort gefunden,
Kann Dinge schauen, die lange verschwunden.
Was vor fünfzig Jahren ward vorgenommen,
Ist im Bild jetzt eben zurückgekommen. —

In diesem Augenblick erschien in fast lebensgrosser Projection vor den Augen der erstaunten Versammlung das Bild,

1) Actiengesellschaft für Anilinfabrikation Berlin.

welches in Heliogravüre diesem Festbericht vorgesetzt ist und die Stifter der Gesellschaft darstellt.

Schaut hin nach Berlin in die Strasse der Kronen,
Dort soll ein Herr Doctor KARSTEN wohnen —
Eine Weinlaubwand liegt im Sonnenschein,
Davor ist versammelt ein kleiner Verein,

Der treibt Physik und experimentirt, —
Im Wunderspiegel ist's photographirt.
In's Jahr der Stiftung blicket ihr heute:
Wer kennt sie — diese jungen Leute!

Das Original zu dieser Projection bestand in einem Daguerrotyp, welches einer der Dargestellten Hr. G. KARSTEN selbst am 14. Juni 1845 im Garten des Hauses Kronenstrasse 39 aufgenommen hat. Die lange Expositionsdauer für solche Daguerrotypen ermöglichte es Hrn. KARSTEN, seinen Platz in der Gruppe nach Oeffnung der Camera schnell einzunehmen und ihn kurz vor dem Schliessen der Camera zu verlassen. Auf dem Bilde ist ersichtlich, wie er mit der Uhr in der Hand die Exposition überwacht.

Die Sitzung wurde geschlossen mit folgender Ansprache des Hrn. **Raoul Pictet:**

Mesdames, Messieurs,

C'est en ma qualité de membre de la Société de Physique de Genève, une des doyennes des sociétés savantes de l'Europe, que j'ai l'honneur de vous apporter les voeux de prospérité que vous envoient vos amis suisses. En vous transmettant nos salutations bien sympathiques, nous sommes heureux et fiers de constater et de rappeler les origines de nos deux sociétés et leur influence dans le monde intellectuel.

C'est pendant une des époques les plus troublées de la vie politique du notre petit pays que, sous les auspices des DE CANDOLLE, MARC AUGUSTE PICTET, DE LA RIVE, PRÉVOST, DE SAUSSURE, MARCET etc. etc., quelques citoyens genevois se groupèrent pour suivre plus particulièrement les progrès des Sciences naturelles, se communiquer leurs lectures, leurs réflexions et serrer par les liens intellectuels les liens du coeur et de la vraie amitié; le patriotisme profond de mes compatriotes souffrait trop des événements pour ne pas chercher à le re-



tremper dans les entretiens intimes, si féconds en résultats de toutes natures.

Notre société a vu naître ainsi dans son sein la grande vague intellectuelle qui a décidé du mouvement scientifique du XIX[e] siècle. AMPÈRE y a débuté ainsi que DUMAS; la thermodynamique est née des réflexions faites à cette époque par PRÉVOST et vivifiées par M. A. PICTET. La correspondance active des professeurs de Genève avec tous les hommes les plus illustres de l'Europe ont fait de la Société de Physique de la cité de CALVIN un centre important, contrastant singulièrement avec la petitesse de la ville.

Or, Mesdames, Messieurs, dans les fondateurs de votre société de Berlin nous avons, nous Suisses, le grand bonheur d'y compter un membre! La patrie suisse n'oublie pas DU BOIS-REYMOND, elle s'honore de son rôle dans la science contemporaine et Neuchâtel s'enorgueillit de le compter comme „bourgeois de sa commune“.

Avec sa langue, son origine, ses goûts littéraires et scientifiques DU BOIS-REYMOND a porté également sur les bords de la Sprée les bonnes et saines traditions de son pays d'origine! Fidèle écho de ses devanciers, il a fait à Berlin ce que les autres ont fait à Genève. Il a été un des promoteurs les plus actifs de la Société de Physique. Ici dans ce grand pays d'Allemagne, quelle brillante carrière s'est ouverte devant les pionniers de la science! Leur oeuvre est immense!

Avant l'unité politique, ces hommes dévoués et fidèles aux devises d'honneur et de patrie, ont donné à leur pays l'unité intellectuelle, base solide pour l'édifice politique. Dans la domaine des sciences pures, tout ce qui porte un nom illustre en Allemagne a été lié à la Société de Physique de Berlin, nommons les DE HELMHOLTZ, KIRCHHOFF, WIEDEMANN, HERTZ et toute la pléiade de promoteurs incomparables et d'auteurs de découvertes admirables.

Dans le domaine de l'industrie c'est la transformation des grands rouages économiques due à l'initiation intelligente et capable des SIEMENS, famille faisant époque dans le monde des affaires industrielles, des HOFFMANN, des GRAEBE etc. tous apparentés à la Société de Physique et y faisant connaître leurs travaux.

Voilà donc l'oeuvre, excellente entre toutes, que les promoteurs de votre société ont eue en vue et qu'ils ont eu le bonheur de réaliser. Voilà pourquoi comme Suisse, comme Genevois, j'apporte avec reconnaissance au nom de mon pays les saluts et les souhaits de prospérité pour votre société et pour un de ses fondateurs, Mr. du Bois-Reymond. Il a été pour toute la jeune génération allemande un maître et un initiateur dans les méthodes scientifiques, il s'est fait aimer et vénérer par ses concitoyens, il a rempli la carrière la plus honorable faisant respecter sa mère patrie par les belles traditions qu'il en a consacrées.

Je réitère ici nos voeux les plus sincères adressés par la Suisse et par Genève à votre société et à son fondateur E. du Bois-Reymond.

2.

Rundgang durch das Physikalische Institut.

In den Räumen des Physikalischen Instituts waren folgende Demonstrationen veranstaltet:

Eine Reihe von Photographien, welche Hr. **Röntgen** in Würzburg vermittelst der jüngst von ihm entdeckten *X*-Strahlen aufgenommen hatte, war ausgestellt.[1])

Hr. **E. Aschkinass** demonstrirte

eine sehr empfindliche Methode zum Nachweis electrischer Schwingungen.

Ein Stanniolgitter, wie es zu Flächenbolometern verwendet wird, erleidet eine dauernde Verminderung seines Widerstandes, wenn es der Einwirkung elektrischer Schwingungen ausgesetzt wird.[2]) Erst eine Erwärmung oder eine leichte mechanische Erschütterung stellt den Anfangswiderstand wieder her. Die Erscheinung kommt dadurch zu stande, dass der elektrische Strom, der anfangs dem Verlaufe der einzelnen Streifen folgend das Gitter in Zickzackwindungen

1) Sitzungsber. der Würzburger Phys.-med. Gesellsch. Dec. 1895.

2) E. Aschkinass, Verhandl. d. Phys. Ges. z. Berlin, Jahrg. 13, Nr. 4, p. 103, 1894.

durcheilen musste, nach der Einwirkung der Wellen im stande ist, an einer oder mehreren Stellen den Zwischenraum zweier unmittelbar benachbarten Streifen zu überschreiten.[1]) Dies beweist der folgende Versuch: Ein Stück Stanniol wird auf eine Glasplatte geklebt und mittels eines scharfen Messers seiner ganzen Länge nach durchschnitten, so dass zwei getrennte Streifen entstehen. An jedem derselben ist eine Zuleitung befestigt, das Ganze in einen Kreis eingeschaltet, der ein Element, einen Rheostaten (zur Regulirung der Stromintensität) und ein Galvanometer enthält. Zunächst erfährt die Magnetnadel natürlich keine Ablenkung, da der Strom zwischen den beiden Stanniolstreifen unterbrochen ist. Sobald aber in der Nähe ein electrischer Funke zu stande kommt, schlägt die Nadel aus und nimmt eine neue Gleichgewichtslage ein. Erwärmung oder eine leise Erschütterung bewirkt, dass die Nadel zu ihrem ursprünglichen Nullpunkt zurückkehrt.

Die Erscheinung stellt ein überaus empfindliches Reagens für electrische Schwingungen dar. Das Phänomen ist z. B. noch vollkommen deutlich zu beobachten, wenn die Stanniolstreifen sich in einer nach vielen Metern zählenden Entfernung vom Ursprung der elektrischen Strahlen befinden, und selbst eine Concentration der letzteren durch Hohlspiegel ist nicht erforderlich.

Hr. **Neesen** führte vor:

1. Zwei Röhren zur Darstellung der Luftbewegung in tönenden Pfeifen mittels Kundt'scher Staubfiguren und Schallradiometern (Wied. Ann. **30**. p. 432—452 und **32**. p. 310—313).

Bei den starken Bewegungen in der durch eine electromagnetische Stimmgabel von 100 Schwingungen erregten Pfeife zeigen sich sehr ausgesprochene wirbelnde Bewegungen.

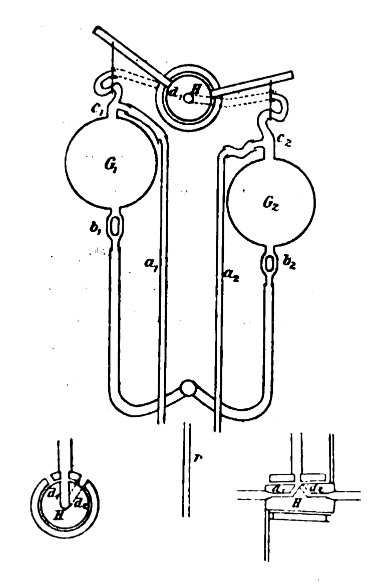
2. Absorptions-Hygrometer (Wied. Ann. **40**. 526—529).

3. Apparat zur Darstellung der Drehfeldbewegungen.

Der seit vielen Jahren in der Vorlesung benutzte Apparat besteht aus einem Gramme'schen Ring, welcher durch

1) Es handelt sich hier also um dasselbe Phänomen, das zuerst von Branly (Compt. rend. 111, p. 785. 1890) an Metallfeilicht beobachtet wurde.

angelöthete Verbindungsdrähte wie üblich in eine grade Zahl von Abschnitten getheilt ist. Diese Drähte führen zu den einzelnen Theilstücken eines Umschalters, die neben einander in Kreisform auf einer Ebene angeordnet sind. Über diesen Umschalter ist eine aus zwei mit je einem Pol einer Batterie verbundenen Theilen bestehende Schleifbürste drehbar angebracht. Zwei metallisch mit einander verbundene Bürsten, die um die Breite eines Abschnittes des Umschalters von einander abstehen, sind in jedem Theile vorhanden, so dass bei jeder Stellung der Schleifbürsten, zwei gegenüberliegende Abschnitte des Gramme'schen Ringes kurz geschlossen sind. Demnach entsteht bei Stromschluss in diesem Ringe eine bestimmte Polarität, deren Richtung bei Drehung der Schleifbürsten um den ganzen Ring herumläuft. Eine in der Mitte des Ringes befindliche Magnetnadel folgt diesem Drehfelde; ebenso ein mit in geschlossener Drahtumwicklung sich umwickelter Eisenring.



4. Eine Kolben- und eine Tropfen - Quecksilberluftpumpe (Wied. Ann. 55. p. 731—736. 1895; Ztschr. f. Instrumentenk. 1894, p. 125—128, und 1895, p. 273—278).

Die Tropfenpumpe hatte an Stelle des in den genannten Veröffentlichungen angegebenen Ventils eine Doppelhahnvorrichtung. An den beiden Seiten des Hahnküken H hängen zwei Gefässe G_1 und G_2. Von diesen führen zunächst biegsame Verbindungen zu Röhren a_1 und a_2 von Barometerhöhe, welche ihrerseits mit der Ablaufröhre r für das aus den Fallröhren kommende Quecksilber in Verbindung stehen, sodann zwei an die mit Glasventilen versehenen Enden b_1 und b_2 anschliessenden Verbindungen zu dem Sammelgefäss, aus welchem durch den äusseren Luftdruck das Quecksilber in die Pumpe gedrückt wird, schliesslich von den Ansätzen c_1 und c_2

aus Verbindungsstücke nach den von einander getrennten Bohrungen d_1 und d_2 des Hahnküken. Der Hahnsitz hat drei Bohrungen, von welchen die mittlere mit einer Wasserpumpe, die beiden äusseren mit der äusseren Luft verbunden sind. In der gezeichneten Stellung steht G_1 mit der Wasserpumpe, G_2 mit der äusseren Luft in Verbindung, so dass das aus den Fallröhren kommende Quecksilber nach G_1 gesaugt wird. Ist hinreichend Quecksilber übergeflossen, so zieht die Schwere desselben den Hahn herum, wodurch G_2 mit der Wasserpumpe verbunden wird, während G_1 sich mit Luft von Atmosphärendruck füllt. Daher fliesst das in G_1 befindliche Quecksilber durch c_1 nach dem Sammelgefäss zurück, das aus der Pumpe austretende Quecksilber geht nach G_2 u. s. f. Somit findet ein fortwährendes Absaugen des Quecksilbers statt, was von Nutzen ist, wenn die zufliessende Menge des Quecksilbers durch Vermehrung der Zahl der Fallröhren oder Vergrösserung der Ausflussöffnungen vergrössert wird.

Hr. **H. Rubens** demonstrirte:

1. das von ihm construirte Vibrationsgalvanometer mit objectiver Darstellung[1]);
2. Aufstellung und Astasirung eines empfindlichen Spiegelgalvanometers.

Zur Vermeidung der äusseren Erschütterungen war das Instrument nach Angabe des Hrn. W. H. Julius an drei 2 m langen Kupferdrähten von 1 mm Dicke aufgehängt. Um den Einfluss der Luftströmungen zu beseitigen, war das Galvanometer von einem mit Glasfenstern versehenen Holzkasten umschlossen, durch dessen Deckel die drei Aufhängedrähte frei hindurchgeführt waren. Um auch die magnetischen Störungen zu eliminiren, wurde ein Astasirungsring aus weichem Eisen angewandt, welcher gleichfalls an drei Drähten aufgehängt war. Durch Verlängerung oder Verkürzung dieser Drähte kann die Höhe des Eisenrings derart variirt werden, dass er sich dem schwächeren der beiden Magnete der asta-

---

1) H. Rubens, Vibrationsgalvanometer, Wied. Ann. **56.** p. 27. 1895.

tischen Nadel näher befindet und in Folge dessen die Einwirkung äusserer Störungen bis auf einen sehr geringen Bruchtheil (ungefähr $^1/_{50}$) beseitigt. Eine ähnliche Einrichtung besitzt das von den Hrn. du Bois und Rubens in der elektrotechnischen Zeitschrift 1893 beschriebene zweispulige Galvanometer.

Ferner waren eine Anzahl französischer und englischer d'Arsonval-Galvanometer, welche Eigenthum der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt sind, zur Ansicht ausgestellt.

Hr. **L. Arons** zeigte die von ihm construirte Quecksilberbogenlampe, welche er bereits im Jahre 1892 in einer Sitzung der Physikalischen Gesellschaft vorgeführt hatte. Das eigenartige Licht, welches nur das einfache Quecksilberspectrum zeigt, wurde in seiner Wirkung auf verschiedenfarbige Papiersorten mit gewöhnlichem Gaslicht verglichen.

Hr. **H. du Bois** hatte ausgestellt

1. Optische Bank für allgemeine Zwecke der Forschung.

Mit Zubehör an verschiedenen Lichtquellen und photometrischen, katoptrischen, dioptrischen und Polarisationsvorrichtungen.

2. Magnetische Waage[1]) in Betrieb mit transportablem Accumulator und „Kohlenrheostat"; von der Reichsanstalt geaicht.

Mit verschiedenen magnetischen Curven.

3. d'Arsonval-Galvanometer nach Ayrton und Mather[2]); vom Mechaniker Paul in London construirt.

4. Polschuhe sammt „Isthmus", mittels derer von Dr. E. T. Jones[3]) eine Induction von 75 000 C. G. S.-Einheiten erhalten wurde; Querschnittsverhältniss 1 : 170 000.

---

1) du Bois, Zeitschr. f. Instrumentenk. **12.** p. 404. 1892.

2) Ayrton u. Mather, „Electr. Engineer". **9.** p. 618. Juni 1892 und October 1894.

3) E. T. Jones, Verh. d. physik. Gesellsch. zu Berlin 28. Juni 1895 und Wied. Ann. **57.** p. 258. 1896.

5. Unmagnetische Präcisionstaschenuhr, auch für Laboratoriumszwecke, vom Hofuhrmacher SCHLESICKY in Frankfurt a. M. Mit Gangzeugniss des Observatoriums in Kiew.

Hr. **W. von Uljanin** demonstrirte:

einen von ihm nach Art des FOUCAULT'schen Prismas construirten Polarisator für ultrarothe Strahlen aus krystallinischem Schwefel.

Derselbe war, um seine Axe drehbar, vor dem Spalte eines Spectrobolometers aufgestellt. Das einfallende Licht eines Zirkonbrenners war durch Reflexion an einer schwarzen Glasplatte vollständig polarisirt. Das Bolometerrohr war auf die Wellenlänge 3,5 μ eingestellt. Beim Drehen aus der einen in die andere Hauptlage verursachte der Polarisator abwechselndes Verschwinden und Wiederauftreten des Galvanometerausschlages. Das Schleifen und Poliren der Schwefelkrystalle besorgte in vorzüglicher Weise Hr. B. HALLE in Steglitz.

Hr. **O. Frölich** zeigte an einem Modell die Vorkehrungen, welche zum Schutze physikalischer Institute gegen die magnetischen Einwirkungen electrischer Strassenbahnen getroffen werden können.

Hr. **H. Aron** hatte drei von ihm construirte Electricitätszähler ausgestellt.

Hr. **E. Goldstein** zeigte verschiedene Wirkungen der Kathodenstrahlen.

Hr. **F. v. Hefner-Alteneck** demonstrirte sein Variationsbarometer. [1])

Hr. **E. Nichols** hatte Quarzfäden und Radiometer ausgestellt.

---

1) F. v. HEFNER-ALTENECK, Apparat zur Beobachtung und Demonstration kleinster Luftdruckschwankungen. Verh. d. phys. Ges. zu Berlin vom 13. Dec. 1895.

Hr. **Bergmann** zeigte einen Apparat zur Demonstration von Sinusschwingungen.

Hr. **E. Gumlich** hatte den von ihm zur Bestimmung der Planparallelität dicker Quarzplatten vermittelst homogenen Lichtes benutzten Apparat aufgestellt.

Hr. **W. Wien** stellte das von ihm construirte Pyrometer aus.

Hr. **F. Kurlbaum** demonstrirte an vollständig aufgebauten Apparaten die ganze Versuchsanordnung, welche er, gemeinsam mit Hrn. O Lummer, zu absoluten Strahlungsmessungen verwendet.

Zum Schlusse des Rundganges begaben sich die Anwesenden in das Treppenhaus des physikalischen Instituts, wo unter der Leitung der Hrn. **R. Assmann, R. Börnstein** und **Berson** ein Ballonkorb mit der vollen wissenschaftlichen Ausrüstung ausgestellt worden, wie sie bei den 48 mit Unterstützung Seiner Majestät des Kaisers in den Jahren 1893 und 1894 ausgeführten wissenschaftlichen Luftfahrten des „Deutschen Vereines zur Förderung der Luftschifffahrt in Berlin“ verwendet worden war.

Das Instrumentarium umfasst zunächst ein Quecksilberbarometer mit reducirter Scala, ein Aneroïdbarometer und einen Aneroïdbarographen. Letzterer zeigte das Original der Barographencurve, welche bei Gelegenheit der höchsten Luftfahrt, welche bisher ausgeführt worden ist, zur Aufzeichnung gekommen war: am 4. December 1894 erreichte Hr. Berson vom Königl. Meteorologischen Institut die Höhe von 9150 m, wobei der Luftdruck bis auf 231 mm und die Lufttemperatur auf — 47,9° sank. Für die Beobachtungen der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft diente ein dreifaches von Assmann construirtes Aspirationspsychrometer, welches, um die Einflüsse der strah-



lungserwärmten Korbwand, sowie der Körpertemperatur der Korbinsassen auszuschliessen, an einem 1,6 m vom Korbe abstehenden Galgen befestigt ist und dort mittelst eines Ablesefernrohres beobachtet wird. Für Nachtfahrten, deren ebenfalls eine grössere Anzahl zur Ausführung gelangt sind, war eine Glühlampe in einem Reflector vor den Thermometerscalen angebracht; ein kleiner Accumulator, welcher im Korbe befestigt war, speiste dieselbe. Ein Schwarzkugelthermometer zur Messung der Sonnenstrahlungsintensität war an einer der Korbleinen befestigt, desgleichen eine photographische Camera nach ANSCHÜTZ, mit welcher zahlreiche hochinteressante Aufnahmen von Wolken und anderen Objecten ausgeführt worden sind. An einer Seite des Korbrandes waren ferner die Vorrichtungen zum Messen des electrischen Potentialgefälles angebracht, welche Hr. R. BÖRNSTEIN und Hr. O. BASCHIN bei mehreren Fahrten benutzt und der erstere in diesen Verhandlungen **13**, 35—46, 1894 beschrieben hat; dieselben bestehen aus zwei ausserhalb des Korbes isolirt angebrachten Blechtrichtern mit je einer herabhängenden Schnur, von deren unteren Enden in 10 und 12 m Abstand unter dem Korbe Wasser abfloss. Diese beiden „Wassercollectoren" waren mit dem Knopf resp. Gehäuse des auf einer kleinen Console isolirt angebrachten EXNER'schen Electroskops verbunden, an welchem während der Fahrten das atmosphärische Potentialgefälle gemessen wurde. Diese Apparate wurden durch Hrn. BÖRNSTEIN persönlich erläutert, während sich Hr. BERSON, der „höchste Mensch", bei der Erklärung der übrigen, von ihm selbst bei 38 Ballonfahrten erprobten Instrumente betheiligte. Für die eigentlichen Hochfahrten über 6000 m Höhe wurde stets eine Flasche comprimirten Sauerstoffgases mitgeführt, dessen fortgesetztes Einathmen allein die Gefahren und Beschwerden der gewaltigen Luftdruckverminderung zu ertragen ermöglichte.

Ferner wurde der Registrirapparat des Freiballons „Cirrus" vorgeführt, welcher bei 6 bisher ausgeführten Aufstiegen Höhen von 12,000 bis 20,000 m erreicht und Temperaturen bis zu -68^{0} auf photographischem Wege aufgezeichnet hat. Obwohl der Ballon Fahrten nach Bosnien, Russland, Dänemark ausgeführt hat, ist er doch stets ohne wesentliche Beschädigungen zurückgekommen.



Einige weitere von Hr. Assmann construirte Registrirapparate für Luftdruck, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, welche an dem Vereinsfesselballon „Meteor“ bei 24 Aufstiegen functionirt haben, kamen ferner zur Demonstration. Einer derselben wurde bei einer Fahrt des Ballons „Phönix“ an einer 500 m langen Leine unterhalb des Korbes mitgeführt und lieferte drei mit der Ballonbahn gleichlaufende und äquidistante, sehr interessante Querschnittsbilder über Druck, Temperatur und Feuchtigkeit der Luft unter den wechselnden Verhältnissen der Bewölkung. Schliesslich wurde noch ein Ballonthermograph ausgestellt, welcher indess trotz wiederholter Umänderungen nicht zu einem einwandsfreien Functioniren unter der immensen Strahlungsintensität der höheren Atmosphärenschichten gebracht werden konnte. Sämmtliche Apparate für die Ermittelung der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft waren nach dem Aspirationsprincip von Assmann durch R. Fuess in Steglitz construirt worden.

Nähere Beschreibungen der Instrumente, sowie der Ergebnisse einzelner mit denselben ausgeführter Luftfahrten finden sich in der „Zeitschrift für Luftschifffahrt und Physik der Atmosphäre“, herausgegeben von Prof. Kremser (Berlin, Mayer und Müller), in den Jahrgängen 1892 bis 1895. Die ausführliche Publication über die wissenschaftlichen Ballonfahrten befindet sich in der Vorbereitung.

3.

Festmahl im Hôtel „Reichshof“.

Die Reihe der Tischreden wurde eröffnet mit folgendem Toaste des Wirkl. Geh. Oberregierungsrathes Hrn. Ministerialdirectors Dr. **P. Micke.**

Hochgeehrte Festversammlung!

Das fünfzigjährige Stiftungsfest der Physikalischen Gesellschaft, zu dessen Feier wir hier vereinigt sind, fällt in eine denkwürdige Zeit. Wir feiern zugleich die fünfundzwanzigjährige Wiederkehr jener Tage, an denen die deut-

schen Stämme in blutigem Ringen die langersehnte Einheit erkämpft haben. Fast jeder Tag erinnert uns an die glänzenden Siege, die das deutsche Heer unter seinen ruhmreichen Führern auf Frankreichs Boden erfochten, mit denen es die ganze Welt in Staunen versetzt hat. Und nur noch kurze Zeit trennt uns von dem bedeutungsvollen Tage, dem 18. Januar, an dem die Früchte dieser Siege geerntet, die heissen Wünsche und Träume unserer Jugend verwirklicht wurden, an dem König Wilhelm I. im Versailler Königsschloss, wo so manches Ueble gegen nns ersonnen worden war, umgeben von den deutschen Fürsten und den Vertretern des deutschen Volkes, die seit länger als sechzig Jahre ruhende deutsche Kaiserwürde erneuerte und für sich und sein Haus übernahm. Berechtigter Stolz hebt unsere Brust, wenn wir der Thaten gedenken, die diese Erfolge gezeitigt haben. Nun, wir verdanken sie in erster Reihe der Thatkraft und der Weisheit unseres erhabenen Herrscherhauses. Die Hohenzollernfürsten haben nicht nur verstanden, das Schwert zu führen, wenn es galt, Ehre und Gut zu vertheidigen und zu behaupten, sie haben auch in weiser Selbstbeherrschung auf kriegerischen Ruhm zu verzichten gewusst, wenn sie dem Lande die Segnungen des Friedens erhalten konnten. Von diesem Geiste sind auch die erhabenen Worte beseelt, die unser unvergesslicher grosser Kaiser Wilhelm I. am 18. Januar 1871 an das deutsche Volk richtete, als er, dem einstimmigen Rufe der deutschen Fürsten und Freien Städte und dem innersten Wunsche des deutschen Volkes folgend, die deutsche Kaiserkrone auf sein ehrwürdiges Haupt setzte. Er wollte sein: allzeit Mehrer des Reichs, nicht an kriegerischen Eroberungen, sondern an den Gütern und Gaben des Friedens auf dem Gebiete nationaler Wohlfahrt, Freiheit und Gesittung.

Diesen Worten sind auch die Thaten gefolgt. Was der grosse Kaiser in nahezu zwanzigjähriger Friedensarbeit für das Wohl des neuen deutschen Reichs begonnen, das hat der Enkel nach dem tragischen Hingange des Sohnes, des siegreichen, ruhmgekrönten Feldherrn mit Kraft und Ausdauer fortgeführt. Gleich seinen erhabenen Vorfahren, stets darauf bedacht, auch die idealen Güter des Volkes zu fördern und zu mehren, hat unser kaiserlicher Herr die Pflege von



Kunst und Wissenschaft sich besonders angelegen sein lassen. Unter seinem mächtigen Schutz und Schirm erfreut sich das geistige Leben des deutschen Volkes ungestört fortschreitender, gedeihlicher Entwickelung. Selbst mit seltenen Gaben des Geistes und des Herzens ausgestattet und durchdrungen von unerschütterlicher Pflichttreue, ist unser Kaiser ein leuchtendes Vorbild für ernstes Streben und thatkräftiges Schaffen. Und eine Stätte solchen Strebens und Schaffens ist die Physikalische Gesellschaft stets gewesen. Auch ihr war vergönnt, die fünfundzwanzig Friedensjahre fruchtbringend zu nutzen und die Güter des Friedens auf wichtigen Gebieten der Wissenschaft zu mehren. Angesehen und geachtet in der ganzen wissenschaftlichen Welt, hat sie, Dank der Mitarbeit ausgezeichneter Männer, die sie zu den ihrigen zählen durfte, und noch zählen darf, ihren Wirkungskreis weit über die Grenzen des deutschen Reichs ausgedehnt. In reichem Maasse hat auch sie sich des mächtigen Schutzes und der warmen Fürsorge von Allerhöchster Stelle zu erfreuen gehabt. Unser kaiserlicher Herr hat auch des heutigen Tages gedacht und der Gesellschaft durch Verleihung von Gnadenbezeigungen an hochverdiente Mitglieder ein sichtbares Zeichen seiner Huld gegeben. Es haben erhalten: unser Ehrenpräsident Hr. Geheimer Obermedicinalrath Prof. Dr. du Bois-Reymond den Stern zum rothen Adlerorden zweiter Klasse, und unser erster Vorsitzender, Hr. Geheimer Regierungsrath Prof. Dr. von Bezold den Kronenorden zweiter Klasse, während unserem Mitglied, Hrn. Privatdocenten Dr. Rubens der Professortitel beigelegt worden ist. Wir erkennen hieraus mit ehrfurchtsvollem Danke, welch' warmes Interesse unser kaiserlicher Herr den Bestrebungen der Physikalischen Gesellschaft entgegenbringt. Ihm sei daher bei unserem Jubelfeste das erste Glas geweiht!

Seine Majestät der deutsche Kaiser, König von Preussen, Wilhelm II., unser allergnädigster Herr, er lebe hoch, und nochmals hoch und abermals hoch!

Darauf nahm Hr. **W. v. Bezold** das Wort zu der eigentlichen Festrede:

Hochgeehrte Anwesende!

Als vor längerer Zeit die ersten Vorbereitungen für die heutige Feier getroffen wurden, da hatte unser hochverehrter Hr. Ehrenpräsident, Geheimrath du Bois-Reymond die Zusage ertheilt, von dieser Stelle aus ein Bild zu entwerfen von der Gründung und weiteren Entwickelung unserer Gesellschaft, zu deren Stiftern er gehört und um deren Gedeihen er sich seit einem halben Jahrhundert so grosse Verdienste erworben hat.

Unerwartete Erkrankung, die jedoch, wie wir uns vor einer Stunde zu unserer Freude überzeugen konnten, grösstentheils wieder gehoben ist, machte es ihm unmöglich, sein Versprechen einzulösen.

Auch Hr. Geheimrath Wiedemann, der ebenfalls seit fünfzig Jahren Mitglied der Gesellschaft ist und ihre glänzendste Zeit miterlebt hat, und der sich auf unsere Bitte in liebenswürdigster Weise bereit erklärt hatte, an Stelle des Herrn Ehrenpräsidenten zu sprechen, musste auf ärztlichen Rath von seinem Vorhaben abstehen.

So verblieb mir als dem geschäftsführenden Vorsitzenden die ehrenvolle aber schwierige Aufgabe, die Lücke auszufüllen.

Ich thue dies nicht frei von dem drückenden Gefühle, wie unvergleichlich mehr die beiden vorgenannten Herren Ihnen hätten bieten können, und wie matt und farblos sich meine Worte ausnehmen müssen gegen Schilderungen, die unmittelbar aus der lebendigen Erinnerung geschöpft sind.

Indem ich deshalb von vornherein um Nachsicht bitte, gebe ich mich zugleich der Hoffnung hin, dass Hr. Wiedemann, dessen Unwohlsein glücklicherweise ganz leichter Art war, so dass wir ihn hier unter uns zu sehen das Vergnügen haben, später doch noch einiges aus der ersten Zeit der Gesellschaft erzählen werde. —

Bald 51 Jahre sind verflossen, seitdem die Physikalische Gesellschaft zu Berlin ins Leben gerufen wurde, und wenn wir erst heute die Feier des fünfzigjährigen Bestehens be-

gehen, so geschah dies nur, weil schwere, unersetzliche Verluste, von welchen die Gesellschaft in ihrem fünfzigsten Jahre betroffen wurde, es unmöglich erscheinen liessen, zu dem eigentlich gebotenen Zeitpunkte das Fest zu feiern.

Beinahe alle hervorragenden Vertreter der Physik und theilweise auch der nahverwandten Physiologie, deren sich Deutschland seit dem Bestehen der Gesellschaft rühmen darf, haben ihr angehört und an ihren Arbeiten thätigen Antheil genommen, und wenn man die Listen der Mitglieder durchblättert, so findet man darunter Namen, deren Glanz nie erblassen wird, Männer, deren Forschen und Schaffen auf die gesammte Culturentwickelung einschneidenden Einfluss geäussert hat, Geister, die wesentlich dazu beigetragen haben, unserer Zeit ihren eigenartigen Stempel aufzudrücken.

Es möge mir deshalb gestattet sein, die Entstehung und die Geschichte der Gesellschaft wenigstens in einigen kurzen Zügen zu schildern:

Den Ausgangspunkt bildete ein Colloquium, welches Professor MAGNUS im Jahre 1843 eingerichtet hatte, und zu welchem er regelmässig einen Kreis jüngerer Physiker um sich versammelte, um die neuesten physikalischen Untersuchungen mit ihnen zu besprechen.

Dies brachte einige jüngere Gelehrte in nähere Berührung miteinander, sie setzten die im Colloquium begonnenen Besprechungen in einem Theeabend fort, den sie der Reihe nach in ihren Wohnungen abhielten.

Hierbei reifte der Plan, den kleinen Kreis, welchem ursprünglich nur die Herren KARSTEN, BEETZ, KNOBLAUCH, DU BOIS-REYMOND, HEINTZ und BRÜCKE[1]) angehörten, zu einer festorganisirten wissenschaftlichen Gesellschaft zu erweitern.

Diese Gesellschaft sollte regelmässige Sitzungen abhalten, in welchen die Mitglieder sowohl über ihre eigenen, als auch über fremde neue Forschungen zu berichten hätten, während ein alljährlich herauszugebendes Werk eine möglichst vollständige Uebersicht bringen sollte über alle in dem vorher-

---

1) Die Namen sind hier in derselben Reihenfolge aufgeführt, in welcher sie sich in dem ersten Protokolle finden.

gegangenen Jahre erschienenen Veröffentlichungen physikalischen und verwandten Inhalts.

Dieser Gedanke nahm am 14. Januar 1845 greifbare Gestalt an, indem die oben genannten sechs Herren im Lesezimmer des damaligen Kadettenhauses — Beetz war Lehrer an dieser Anstalt — zu einer Berathung zusammentraten, in welcher Statuten entworfen und die eigentliche Constituirung der Gesellschaft beschlossen wurde.

Dieser Tag wird seitdem als der Stiftungstag der Gesellschaft betrachtet, und die Hrn Karsten, Beetz, Knoblauch, du Bois-Reymond, Heintz und Brücke sind es, die wir als Stifter verehren.

Zehn Tage später wurde in dem Hause Nr. 29 an der Französischen Strasse, das die Aufschrift trägt: „Friedrich Wilhelm den Naturforschern“, die erste grössere Sitzung abgehalten, weitere Mitglieder aufgenommen, der Vorstand gewählt, und sonstige geschäftliche Angelegenheiten erledigt. Die Wahl des Vorsitzenden fiel auf Hrn. Geheimrath damals Dr. Karsten, der uns in einem Schreiben sein Bedauern ausgedrückt hat, dem heutigen Feste nicht beiwohnen zu können, gleichwie auch wir seine Abwesenheit schmerzlich empfinden.

Am 21. Februar nahmen die regelmässigen wissenschaftlichen Zusammenkünfte ihren Anfang, die seitdem bis auf den heutigen Tag alle 14 Tage am Freitag stattfinden.

Inzwischen hatte sich die Zahl der Mitglieder beträchtlich gehoben, so dass sie schon am Schlusse des ersten Jahres 53 betrug, und findet man auf der Liste bereits die Namen Dr. Helmholtz aus Potsdam und Lieutenant Siemens, sowie jenen des Hrn. Wiedemann, den wir heute hier zu sehen das Vergnügen haben.

In den nächstfolgenden Jahren traten auch noch Kirchhoff und Clausius, Virchow und C. Ludwig, Buys-Ballot in Utrecht und Lamont in München der Gesellschaft bei.

Nur die älteren Vertreter der Berliner Wissenschaft, die Herren in Amt und Würden, hielten sich vornehm bei Seite, vollkommen verkennend, dass es zur Erhaltung der eigenen Frische keinen wirksameren Jungbrunnen giebt, als den steten Verkehr mit jungen aufstrebenden Geistern.

Der blosse Klang der eben aufgezählten Namen genügt, um eine Vorstellung davon zu erwecken, welche gewaltige Summe geistiger Kraft in der Gesellschaft ihren Vereinigungspunkt gefunden hatte.

Noch lebhafter aber wird dieser Eindruck, wenn man die Liste der gehaltenen Vorträge durchsieht, oder die zusammenfassenden Artikel in den Fortschritten nachliest, unter denen sich gerade in den älteren Jahrgängen wahre Meisterwerke befinden, die, weit heraustretend aus dem Rahmen trockener Berichterstattung, einen lichtvollen Einblick gewähren in den Ideenkreis, der damals die führenden Geister beherrschte und die Forschung auf ihrem Wege leitete.

Da erkennt man erst, wie ungemein fördernd und befruchtend sich der durch die Gesellschaft bedingte Verkehr dieser grossen Männer erwies, die nicht wenige ihrer bahnbrechendsten Arbeiten zuerst in der Physikalischen Gesellschaft zum Vortrage brachten, und deren Referate in den Fortschritten nicht selten schon ahnen liessen, welche Bahnen ihre eigene Forschung einschlagen werde.

So findet man z. B. schon in den allerersten Jahren Vorträge von Brücke über den von ihm entdeckten und nach ihm benannten Muskel im Innern des Auges, der bei der Accommodation eine so bedeutende Rolle spielt, wie auch über das Leuchten der Thieraugen, und man erinnert sich sofort daran, dass wenige Jahre später die Verfolgung der letzteren Thatsache Hermann von Helmholtz zu jener folgereichen Erfindung führte, durch welche er ein Wohlthäter des Menschengeschlechts geworden ist.

Pouillet's Messung der Geschwindigkeit von Geschossen war erst vor kurzem in der Physikalischen Gesellschaft bekannt geworden, als sie einestheils Hrn. du Bois-Reymond den Gedanken eingab, mittels derselben Methode die Geschwindigkeit des Nervenprincips zu bestimmen, anderntheils von Werner Siemens durch Anwendung des electrischen Funkens zum Markiren der Zeit auf einem rotirenden Cylinder ausserordentlich vervollkommnet wurde. du Bois-Reymond's Gedanke wurde bekanntlich später von Helmholtz mit glänzendem Erfolge verwirklicht.

Doch wozu bedarf es vieler Worte, um die engen Beziehungen dieses grossen Mannes zu der Gesellschaft zu schildern; genügt es doch, daran zu erinnern, dass der 23. Juli 1847 der Tag war, an welchem der junge Militärarzt aus Potsdam in der Physikalischen Gesellschaft den Vortrag über das Princip von der Erhaltung der Kraft gehalten hat, und dass unser Herr Ehrenpräsident es war, der ihm dazu verholfen hat, dass die von Poggendorff zurückgewiesene Abhandlung von dem Verleger der Fortschritte, Hrn. G. Reimer, dessen Sohn wir heute ebenfalls unter uns sehen, in Verlag genommen wurde.

Es wäre nicht schwer, noch ganze Reihen bedeutender Vorträge aufzuzählen, in denen die hervorragendsten Gelehrten grosse und wichtige Entdeckungen das erste Mal in der Gesellschaft an die Oeffentlichkeit gebracht haben.

Ich erinnere nur an jene der Hrn. du Bois-Reymond und E. Brücke aus dem Grenzgebiete der Physik und Physiologie, oder an jene von Werner Siemens über die Anwendung der Electricität, von Knoblauch über strahlende Wärme, sowie von Hrn. Wiedemann über das elektrische und diamagnetische Verhalten der Krystalle.

Vor Allem aber dürfen wir nicht vergessen, dass auch Kirchhoff und Clausius ihre bahnbrechenden Arbeiten auf den Gebieten der Electricitäts- und Wärmelehre zuerst in der Physikalischen Gesellschaft vorgetragen haben.

Auch nachdem die Stifter und ältesten Mitglieder der Gesellschaft mit wenigen Ausnahmen Berlin verlassen hatten, um an den verschiedensten Hochschulen Lehrstühle zu übernehmen, da traten immer wieder neue frische Kräfte an die Stelle, und die Hrn. Quincke, Kundt, Paalzow und A. von Oettingen haben ebenfalls ihre ersten wichtigen Arbeiten zuerst in der Gesellschaft bekannt gemacht und ihre schönen Versuche gezeigt. Wieviel Anregung und Belehrung wir endlich den hier anwesenden Mitgliedern verdanken, steht noch zu lebhaft in unserer Erinnerung, als dass es nöthig wäre, noch besonders darauf hinzuweisen, ganz abgesehen davon, dass die kurz zugemessene Zeit ohnehin Halt gebietet.

Desgleichen erinnern wir uns mit Wärme daran, wie die Hrn. von Helmholtz, Kirchhoff und Kundt, als sie nach

langer Abwesenheit wieder nach Berlin zurückgekehrt waren, der Gesellschaft unentwegt ihre Anhänglichkeit bewahrt hatten, und ihr mit neuem Eifer ihre Kräfte widmeten, treu geschaart um unseren Herrn Ehrenpräsidenten, der seit der Stiftung derselben kaum jemals in einer Sitzung gefehlt und nie das Stiftungsfest versäumt hat und dessen Abwesenheit wir heute doppelt beklagen.

Solche Anhänglichkeit und Treue ihrer Mitglieder giebt auch für die Zukunft die sicherste Gewähr, und wenn wir sehen, wie zahlreich sie sich zu der heutigen Feier eingefunden haben, dann dürfen wir getrost in die Zukunft blicken, und uns wohl der Hoffnung hingeben, dass es der Gesellschaft in weiteren fünfzig Jahren vergönnt sein werde, ihr hundertjähriges Stiftungsfest zu feiern.

Unseren jüngeren Freunden und Collegen wird es obliegen, diese Hoffnung zu verwirklichen.

Junge aufstrebende Kräfte haben die Gesellschaft gegründet und ihr das Leben eingehaucht, junge aufstrebende Kräfte müssen sie erhalten und immer weiterem Gedeihen entgegenführen.

Dass es ihr auch heute noch an solchen Kräften nicht gebricht, dies zeigt ein Blick auf die Anwesenden, das lehrten die Demonstrationen, deren wir uns soeben erfreuen durften.[1])

Dass es ihr auch fernerhin niemals daran fehlen möge, das ist mein Wunsch, und diesem Wunsche bitte ich Sie, mit

---

1) Leider war es dem Redner, der überdies an diesem Abend geschäftlich stark in Anspruch genommen war, ebenso wie manchen anderen Mitgliedern der Gesellschaft gänzlich unbekannt geblieben, dass sich unter den ausgestellten Gegenständen an einer wenig auffallenden und durch zahlreiche Beschauer verdeckten Stelle die ersten Röntgen'schen Photographien befanden. Wäre ihm auch nur ein Wort darüber zu Ohren gekommen, so hätte er seine Rede in ganz anderem Tone geschlossen und der seltenen Weihe gedacht, welche dem Feste dadurch verliehen worden sei, dass an diesem Tage zum erstenmale die Ergebnisse einer Entdeckung mitgetheilt wurden, deren weittragende Bedeutung auf den ersten Blick erkannt werden musste. Dann hätte er der stolzen Freude Ausdruck gegeben, dass das zweite halbe Jahrhundert im Leben der Gesellschaft ebenso glänzend begonnen habe wie das erste, dessen Anfangsjahre für alle Zeiten mit der Erinnerung an bahnbrechende Entdeckungen verknüpft bleiben werden.



mir Ausdruck zu geben und mit mir einzustimmen in den Ruf: die Physikalische Gesellschaft zu Berlin möge blühen und gedeihen, die Physikalische Gesellschaft lebe hoch, hoch, hoch!

Es war beabsichtigt worden, dem Ehrenvorsitzenden der Gesellschaft, Hrn. DU BOIS-REYMOND, die soeben vollendete erste und dritte Abteilung des 50. Jahrganges (1894) der „Fortschritte der Physik" feierlich zu überreichen. Da leider sein Befinden ihn genöthigt hatte, sich auf die Theilnahme an der Sitzung im physikalischen Institut zu beschränken, ihm aber nicht gestattete, bei dem nachfolgenden Abendessen zu erscheinen, nahm an seiner Stelle Hr. VON BEZOLD die Bände von den Redacteuren entgegen.

Hierbei wurde von Hrn. **R. Börnstein** die folgende Ansprache gehalten.

„Es ist nicht allein der Ehrenvorsitzende dieser Gesellschaft, welchem wir das Ergebniss unserer Berichterstattung überreichen, sondern Hr. DU BOIS-REYMOND steht zu den „Fortschritten" auch in einem intimeren Verhältniss, er ist unser ältester Mitarbeiter. Unter den heutigen Mitgliedern der Gesellschaft dürfte ausserdem nur noch Hr. KARSTEN in Kiel übrig sein aus der Zahl derjenigen Gelehrten, welche Referate für den Jahrgang 1845 geliefert haben. Seitdem ist das Verzeichniss der Mitarbeiter zu einer langen und stolzen Reihe angewachsen, reich an Namen von der Art, die man wägen soll und nicht zählen. Es finden sich in dieser Liste die nicht mehr unter uns weilenden Fachgenossen VON BEETZ, BRÜCKE, BUYS-BALLOT, CLEBSCH, VON HELMHOLTZ, HERTZ, KIRCHHOFF, KUNDT, VON SIEMENS, und zahlreiche lebende Forscher von nicht geringerem Ruf. Sie Alle, deren wissenschaftliche Verdienste der Culturwelt wohlbekannt sind, haben es nicht verschmäht, an unserem Werke mitzuarbeiten und durch Referate über fremde Forschungsergebnisse die Geschichte unserer Wissenschaft zu fördern. Abgesehen von denjenigen Bänden der „Fortschritte", welche gesondert die „Physik der Erde" behandeln (seit 1880), zählt das Verzeichniss der bisherigen Referenten 260 Fachgenossen auf, und darunter nicht wenige, welche durch lange Jahre ihre



Zeit und Kraft in den Dienst unserer Berichterstattung gestellt haben. So hat Hr. Radicke für 31 Jahrgänge Referate geliefert, Hr. E. O. Erdmann für 29, Hr. Röber für 28, die Hrn. Karsten, Schwalbe, Wangerin für 25, Hr. von Beetz für 23, Hr. Hoppe für 22, die Hrn. Oberbeck und E. Wiedemann für 21, Hr. Neesen für 20 Jahrgänge u. s. w. Auch soll nicht unerwähnt bleiben, dass wir uns stets der Mitwirkung ausländischer Fachgenossen zu erfreuen hatten, die über die physikalischen Leistungen ihrer Heimath berichteten und unsere „Fortschritte“ vervollständigten durch Referate aus den nicht allgemein verstandenen Sprachen.

Indem ich hiermit die 1. Abtheilung unseres 50. Jahrganges Hrn. du Bois-Reymond überreiche, geschieht es mit dem herzlichen Wunsche, dass es der Gesellschaft noch recht oft vergönnt sei, in die Hände ihres Ehrenvorsitzenden das Ergebniss der jährlichen Berichterstattung niederzulegen.“

Hr. **R. Assmann**, als Redacteur der 3. Abtheilung der „Fortschritte der Physik 1894“, fuhr dann fort:

Im Anschlusse an meinen Herrn Redactionscollegen bitte auch ich um die Erlaubniss, die soeben unter schwierigen Verhältnissen — wie mir der zu unserer Freude anwesende Herr Verleger gern bestätigen wird — fertiggestellte 3. Abtheilung der „Fortschritte der Physik“, enthaltend die Fortschritte der kosmischen Physik im Jahre 1894, dem Herrn Vorsitzenden zu überreichen mit der Bitte, diesen Jubiläumsband unserem allverehrten, leider heute nicht anwesenden Ehrenpräsidenten, Herrn Geheimrath Emil du Bois-Reymond als eine Huldigung der Physikalischen Gesellschaft gütigst zustellen zu wollen.

Die in dieser Abtheilung behandelten Wissenschaften, die Astrophysik, Meteorologie und Geophysik, gehören ohne Zweifel der Physik an, wenn sie auch dem Arbeitsfelde der reinen Physik in vielen Beziehungen fern stehen. Aber wir brauchen uns nur daran zu erinnern, dass z. B. die Optik ihre grössten Triumphe feiert auf dem Gebiete der Spectroskopie und Photographie der Gestirne, dass ferner die Gesetze

der mechanischen Wärmetheorie in der modernen Meteorologie eine hochwichtige Rolle spielen, wie die Föhntheorie und die werthvollen thermodynamischen Untersuchungen der Neuzeit beweisen. Und dass die Lehre vom Maass und Messen, sowie die Mechanik in der Geophysik ein weites Versuchsfeld haben, beweist uns die Geodäsie und die Schwerebestimmung mittels des Pendels. In der kosmischen Physik findet die reine Physik ihre Nutzanwendung und vielfach die Beweise für die Richtigkeit ihrer Schlüsse. Deshalb hat die kosmische Physik unbedingt ein Recht, an der Seite der reinen Physik zu erscheinen.

Blicken wir zurück auf die ersten Jahrgänge der „Fortschritte der Physik", so sehen wir, dass schon deren erster Redacteur, der um die Physikalische Gesellschaft hochverdiente, leider ebenfalls nicht anwesende Prof. KARSTEN, im Jahre 1845 die Meteorologie in seinen Arbeitsplan aufgenommen hatte — und kein Geringerer als MAHLMANN hatte die Berichterstattung über dieselbe übernommen. Seine Erkrankung und sein bald darauf erfolgter Tod verhinderte aber die Ausführung seines Vorhabens, sodass erst im Berichte über das Jahr 1847 die Meteorologie und der Erdmagnetismus in den „Fortschritten" berücksichtigt werden konnten. Aber es waren zwei Namen mit gutem Klang, welche mit diesen Capiteln verbunden waren: BUYS BALLOT in Utrecht und LAMONT in München. Ja, die erste und wohl auch die einzige Preisfrage, welche in den „Fortschritten" veröffentlicht wurde, war eine meteorologische, welche, von der Universität Utrecht gestellt und von BUYS BALLOT bekannt gemacht, „demjenigen 80 Thaler zusicherte, welcher die beste Arbeit über die mittleren Abweichungen des Barometers und Thermometers in Beziehung zu den mittleren Windrichtungen liefern würde."

Im Berichte über die Fortschritte des Jahres 1849 wurde unter den Redacteuren KARSTEN und BEETZ der physikalischen Geographie zuerst ein Platz eingeräumt, während die Astrophysik erst im Jahre 1878 ein eigenes Capitel erhielt. Als im 35. Bande, enthaltend den Bericht über das Jahr 1879, aber erst erschienen 1886, der 6. Abschnitt, welchem unsere Wissenschaften angehörten, einen Umfang von 38 Bogen erreicht hatte, wurde eine Abtrennung desselben von dem übrigen Werke erforderlich. Der um die Physikalische Gesellschaft



und ganz besonders um die „Fortschritte" so hochverdiente Hr. Prof. SCHWALBE, welcher schon zehn Jahre lang die Redaction des ganzen Werkes geführt hatte, zog sich nun auf diesen 3. Band, die „Physik der Erde" zurück, welchen er bis zum Berichtsjahre 1886 ohne Unterbrechung bearbeitete. Als dann dem Vortragenden die Redaction übertragen wurde, behielt der unermüdlich Thätige die Referate über seine Lieblingscapitel Vulkane, Erdbeben und Glacialphysik bei.

Die Eintheilung des Stoffes machte, wie erklärlich, entsprechend der Entwickelung der Wissenszweige, wiederholte Wandlungen durch. So umfasste 1878 ein Sammelcapitel „Meteorologische Optik" manche heterogene Dinge, wie Sonnenbeobachtungen, Sonnenflecke, Feuerkugeln, Meteoriten und Polarlichter, während später noch „Regenbogen und Ringe" dem Capitel „Astrophysik" einverleibt wurden. Hier schuf SCHWALBE zuerst Wandel, indem er eine neue, bis zum Jahre 1890 beibehaltene Eintheilung einführte. Nachdem aber, als neue Disciplinen auftraten, wie die synoptische Meteorologie, dynamische Meteorologie, Morphologie der Erdoberfläche und andere, wurde eine weitere Theilung erforderlich, wie sie seit 1890 verwendet worden ist.

Inzwischen war die Verzögerung im Erscheinen der Berichte, über welche schon KARSTEN im 4. Bande, als der Bericht über die „Fortschritte des Jahres 1848" im Jahre 1852 erschien, bitter klagte, eine immer grössere geworden, sodass der Zwischenraum zwischen dem Berichtsjahre und dem Jahre des Erscheinens auf sieben Jahre angewachsen war. Der Werth der Publication als ein „Repertorium" musste hierdurch naturgemäss erheblich leiden und dem entsprach denn auch die stete Verringerung des Absatzes derselben. So wurde die Krisis unvermeidlich, als im Jahre 1893 der bisherige treue Verleger der „Fortschritte", Hr. GEORG REIMER, dessen Anwesenheit uns heute erfreut, das Maass der pecuniären Opfer für voll erklärte und der Gesellschaft den Verlagscontract kündigte. Das Todesurtheil der „Fortschritte" schien gesprochen zu sein und man begann bereits Erwägungen über ein anständiges Begräbniss derselben anzustellen. Da war es vornehmlich unser hochverehrter Ehrenpräsident DU BOIS-REYMOND, welcher immer und immer wieder sagte: „Und wenn wir nur den 50. Band noch fertigstellen könnten!"



Nun ist er fertig, der 50. Band, und zugleich ist es durch Zusammenraffung aller Kräfte seitens der Referenten und Redacteure gelungen, den Zwischenraum zwischen Berichtsjahr und Erscheinungsjahr auf ein Jahr einzuengen; der 50. Band hat den Titel: „Fortschritte der Physik im Jahre 1894, erschienen 1895."

Damit war die Grundbedingung erfüllt, unter welcher die hochangesehene Verlagsfirma Friedrich Vieweg & Sohn in Braunschweig, deren Chef wir unter uns zu sehen die Freude haben, die Opfer und Gefahren des Verlages auf sich genommen hatte; die annoch restirenden Jahrgänge 1890 bis 1892 aber sollen zwischen die neuen Bände eingereiht und im Laufe der nächsten zwei Jahre nachgeliefert werden.

Den Referenten und Redacteuren erwächst dadurch zwar eine wahrlich nicht geringe Arbeitslast, aber es wird, so zweifeln wir nicht, trotz alledem gelingen, die „Fortschritte" nicht nur am Leben zu erhalten, sondern auch zum Wiederaufblühen zu bringen.

Neben der Beschleunigung des Erscheinens erwies sich aber auch eine weise Beschränkung als unerlässlich, sollte nicht die Publication zu einem gewaltigen Umfange, und damit zu einem unerschwinglichen Preise anwachsen. Denn die schöne Zeit ist längst vorüber und dürfte auch niemals wiederkehren, in welcher § 40 der Gesellschaftsstatuten lauten konnte: „Hiesige Mitglieder, welche zwei halbjährige Beiträge von 3 Thaler geleistet haben, haben ein Anrecht auf ein Exemplar der «Fortschritte»"; oder gar § 41: „Auswärtige Mitglieder, welche Beiträge geliefert haben: «erhalten ein Exemplar»". Jetzt heisst es vielmehr: „Für Ihre Beiträge erhalten Sie ein Honorar von M. 10; Band 50 der «Fortschritte» kostet M. 70, also haben Sie noch zu zahlen M. 60!"

So möge denn auch dieser 50. Jahrgang der „Fortschritte der kosmischen Physik", an welchem eine Reihe der namhaftesten Gelehrten der Jetztzeit in opfervoller Arbeit thätig war, Zeugniss ablegen von der regen Antheilnahme der Physikalischen Gesellschaft an der geistigen Arbeit auf dem Gebiete der kosmischen Physik!

Hr. **E. Warburg** sprach auf die anwesenden Gäste:

Sehr geehrte Damen und Herren!

Eine fünfzigjährige Gedenkfeier wie die heutige steht unter dem Zeichen der Rückblicke, der Vergleiche zwischen einst und jetzt. Dabei tritt nun, wie ich glaube, besonders die hoch gesteigerte Theilnahme der Welt an der physikalischen Arbeit hervor. So stille und unbemerkt wie vor fünfzig Jahren tritt heute eine physikalische Gesellschaft nicht mehr ins Leben. Woher diese gesteigerte Theilnahme? Es ist nicht die grössere Fülle der Entdeckungen. Zwar errang vor sieben Jahren Hertz seine grossen Erfolge, aber etwa ebenso lange vor der Gründung der Physikalischen Gesellschaft entdeckte Faraday die Induction, wenige Jahre nach ihrer Gründung schrieb v. Helmholtz die Erhaltung der Kraft und Clausius seine grundlegenden Arbeiten; etwas später schenkten uns Bunsen und Kirchhoff die Spectralanalyse.

Die gesteigerte Theilnahme der Welt an der Physik rührt vielmehr, wie ich glaube, von der grösseren Wirkung her, welche heutzutage die Physik auf das bürgerliche Leben ausübt, besonders seitdem durch die Erfindung der Dynamomaschine durch unseren Werner Siemens im engen Anschluss an die physikalischen Laboratorien die moderne Electrotechnik erwuchs.

Der Charakter unseres Festes würde daher dem Zeitgeiste schlecht entsprechen, wenn nicht die Theilnahme der Welt an unserer Arbeit durch unsere Ehrengäste zu lebendigem Ausdruck gebracht würde.

Das Interesse, welches die Königl. Preuss. Regierung der Physik entgegenbringt, wird durch die Gegenwart des Hrn. Geh. Raths Wehrenpfennig bezeichnet. Den Zusammenhang der Physik mit der Universitas litterarum sollte seine Magnificenz der Hr. Rector der Universität, ihren Zusammenhang mit der Technik der Hr. Rector der Technischen Hochschule verkörpern. Leider sind beide Herren durch Krankheit verhindert worden, unserer Einladung Folge zu leisten.

Die schnelle Verbreitung wissenschaftlichen Fortschritts in weite Kreise, wie sie durch die wissenschaftlichen Journale und die Presse vermittelt wird, kommt durch die Gegenwart



der Herren Verleger unserer Fortschritte und des Herrn Vertreters der Presse zum Ausdruck.

Aber wir erfreuen uns heute wie auch vor fünfundzwanzig Jahren noch anderer nicht physikalischer Gäste, nämlich der Damen. Die Damen stehen eigentlich in einem gewissen Gegensatze zur Physik. Da, wo, wie in der Physik, Alles nach strengen Gesetzen erfolgt, ist eigentlich nicht ihr Reich, sie lieben es nicht, wenn Alles so fadengrad nach dem Schnürchen zugeht. Rechts und links von der Regel abzuweichen, ist ihr eigentliches Element, und wir Ehemänner haben es wohl oft erfahren, dass, wenn wir dachten, jetzt muss es so kommen, dass es dann gerade anders kam.

Ich will nicht weiter gehen, lieber nicht an einen alten lateinischen Spruch erinnern.

Vielmehr will ich die andere Seite der Sache hervorheben und zunächst einmal constatiren, dass alle fünfundzwanzig oder fünfzig Jahre eine nähere Berührung mit den schönen Vertreterinnen der Ungesetzmässigkeit der Physik nicht schaden dürfte.

Aber ich möchte noch weiter gehen und meine Ansicht dahin aussprechen, dass gerade dem Abweichen von der Regel eine höhere Gesetzmässigkeit zu Grunde zu liegen scheint, nämlich das Gesetz der Anmuth, durch welche die Frauen uns das Leben verschönern und welche da zu beginnen scheint, wo die strenge Gesetzmässigkeit aufhört.

Ich bitte Sie mit mir einzustimmen in den Ruf: Unsere Ehrengäste, unsere Damen, sie leben hoch!

Hr. Geheimrath **Wehrenpfennig** dankt dem Herrn Vorredner für die freundliche Begrüssung der Gäste, der mit Recht in seinen Toast auch die Herrn Verleger und die Presse eingeschlossen habe. Denn die physikalische Gesellschaft habe von jeher selbständig auf ihren Füssen gestanden, durch ihre wissenschaftlichen Publicationen in der Presse gewirkt, von Niemand abhängig als von der Wissenschaft und ihren Forderungen. In anderen Ländern, besonders in England und Amerika, werde die Wissenschaft vielfach durch grossartige Zuwendungen reicher Privatleute gefördert, welche Institute



und Lehranstalten gründeten und ausrüsteten. Solche Fälle seien bei uns sehr selten; dagegen schliesse sich bei uns die grosse Zahl akademisch Gebildeter zu arbeitenden Gesellschaften zusammen, die unter der Führung von Männern ersten Ranges von Jahr zu Jahr die Fortschritte der Wissenschaft verfolgen, sie selber förderten und sie dem Verständniss des Publikums öffneten. So habe auch die Physikalische Gesellschaft seit 50 Jahren gearbeitet, und ihre Arbeit habe grosse Frucht getragen. Sie möge auch in Zukunft gedeihen und in kräftiger Entwickelung ihren hundertjährigen Stiftungstag feiern.

Hr. Geh. Rath G. **Wiedemann** ergriff bald darauf das Wort:

Sehr geehrte Damen und Herren!

Ein physikalischer Grund, ein electrischer Ozonkatarrh, hat mich leider der mir zugedachten Ehre beraubt, als eines der ältesten Mitglieder Ihnen in kurzen Worten die Geschichte der Physikalischen Gesellschaft vorzuführen. Dadurch haben wir Alle aber die Freude gehabt, die ausgezeichnete Rede unseres verehrten Hrn. Vorsitzenden hören zu können.

Auf den Wunsch einiger Freunde nehme ich indess doch noch das jus flebile senectutis für mich in Anspruch und gestatte mir, mit Ihnen des Ehren-Präsidenten unserer Gesellschaft, unseres Freundes Emil du Bois-Reymond zu gedenken.

Meine Rede ist hiernach mehr persönlicher Natur, als die inhaltsreichen Worte des Hrn. Geheimrath von Bezold. Ich darf deshalb wohl auch aus alter Erinnerung die persönlichen Verhältnisse der ältesten Mitglieder der Physikalischen Gesellschaft berühren, unter denen du Bois die erste, einflussreichste Stelle einnimmt.

Unvergesslich und in stets dankbarer Erinnerung bewahren wir das Colloquium von Magnus mit seinen wissenschaftlichen Vorträgen und seinem anfänglichen gemüthlichen Kalbsbraten. Als aber die Mitglieder desselben in ihrer wissenschaftlichen Laufbahn weiter fortschritten, da regte sich bei ihnen naturgemäss der Wunsch nach grösserer Selbständigkeit und so

gründete eine Anzahl derselben die Physikalische Gesellschaft.

Es war ein glückliches Zusammentreffen, dass junge, später hoch bedeutende Physiologen, du Bois und Brücke diesem Kreise angehörten. Die Naturphilosophie, die Lehren von Schelling und Hegel hatten allmählich ihren Einfluss auf die Naturwissenschaft eingebüsst, die Annahme einer besonderen Lebenskraft wurde nach und nach in Zweifel gezogen. Den Physiologen fiel vor allen die Aufgabe zu, diese Annahme nach allen Richtungen zu kritisiren. So mussten sie sich mit den verschiedensten Zweigen der Physik und Chemie vertraut machen und bildeten infolge dessen das Bindeglied zwischen den Vertretern der einzelnen Fächer. Bald schlossen sich den Gründern andere Fachgenossen an. Auch ich, der ich zur Zeit der Gründung noch zu sehr physikalisches Baby war, wurde bald, wenn auch noch sehr jung, in freundlichster Weise in die Gesellschaft eingeführt.

In hohem Grade förderlich war es, dass die Mitglieder in wissenschaftlicher Beziehung ganz ihre eigenen Wege verfolgten, so auch ganz besonders die Schüler von Magnus. Magnus gewährte den Zutritt zu seinem Privat-Laboratorium — grössere Staatslaboratorien gab es damals noch nicht — nur denen, welche Themata zu eigenen Arbeiten mitbrachten, und unterstützte sie dann, indess auch nur, wenn es nöthig war, mit seinem eminent praktischen Rath in experimenteller Beziehung: Seine Schüler können ihm daher nicht dankbar genug sein. Eine Schule in dem Sinne, dass er seine eigenen Ideen als geistige Basis der Forschungen seinen Schülern übermittelte, hat er hiernach nicht gegründet. Vielleicht war diese Eigenart von Magnus ein grosses Glück für die begabteren Jünger der Wissenschaft; sie mussten sich zu durchaus selbstständigen Forschern heranbilden.

Diese Methode steht ganz im Gegensatz zu den Schulen der neueren Zeit, wie von Helmholtz und Kundt, die wesentlich ihre eigenen Gedanken in ihren Laboratorien verarbeiten liessen. Das Eintreten dieser Schulen neben einzelnen begabten Forschern bildete ein charakteristisches Element in der späteren Zusammensetzung der Physikalischen Gesellschaft.



In den Sitzungen suchte ein Jeder in anspruchsloser Form sein bestes zu geben. — Durch Mittheilung einiger Data aus der Zeit, in der ich selbst an den Sitzungen theilnahm, möchte ich Ihnen ein Bild von der Vielseitigkeit der Interessen der Gesellschaft geben. Da zeigte uns E. du Bois-Reymond einen seiner wichtigsten Versuche an einem Froschschenkel, den er, um das Zartgefühl nicht zu verletzen, in einem blauen Strumpf präparirte; Brücke demonstrirte das Leuchten des menschlichen Auges; Dub theilte seine scherzhaft als „leges Dubiae“ bezeichneten Gesetze des Electromagnetismus mit; Beetz seine ersten physikalischen Arbeiten; die zwei ältesten Gebrüder Schlagintweit hielten zusammen einen Vortrag; der eine löste den anderen mitten im Satz ab. Knoblauch erläuterte seine Untersuchungen über die strahlende Wärme, deren Bedeutung für die damalige Zeit jetzt häufig nicht mehr genügend anerkannt wird; der Lieutenant Siemens besprach seine ersten wissenschaftlichen Errungenschaften; Dr. Vettin und Uhrmacher Leonhardt zeigten ihre electromagnetischen Motoren etc. Und Alle waren wir erfüllt von den unsterblichen Leistungen von Helmholtz, deren Bedeutung den älteren Physikern nach der Art ihres Bildungsganges verschlossen blieb.

Ohne Neid und Eifersucht erfreute sich ein Jeder an den Leistungen der Anderen und hatte nur den Ehrgeiz, ihnen in seinem Specialfach nachzueifern. Das grösste Verdienst um dieses freundschaftliche Zusammenhalten im edlen Wetteifer hatte aber wiederum E. du Bois-Reymond. Er wusste anzuregen, entsprechend seiner bedeutenden Persönlichkeit, mit grosser Gewandtheit und liebenswürdigem Eingehen die Debatte zu leiten und durch manch kluges und treffendes Wort die Anschauungen zu klären. Seinem Einfluss und seiner bis jetzt fortgesetzten unveränderten Theilnahme verdankt es die Physikalische Gesellschaft vor allem, dass sie nunmehr 50 Jahre zusammengehalten und die Wissenschaft auf das wesentlichste gefördert hat.

Das Band, welches die Mitglieder der Gesellschaft umschloss, übertrug sich auch auf das äussere Leben. Als einmal zwei derselben, d. B. und Cl., sich um eine beiden sehr erwünschte Stellung bewarben, da verabredeten sie, an welche

einflussreiche Stellen sie sich wenden wollten, lobten dann stets einer den anderen und blieben nach der Entscheidung gute Freunde.

So besteht denn jetzt auch noch nach 50 Jahren ein aufrichtiges Freundschaftsverhältniss zwischen den freilich nur wenigen noch lebenden alten Mitgliedern der Gesellschaft.

Sie haben aus dem Vortrag unseres Hrn. Vorsitzenden entnommen, dass neben den Mittheilungen in den Sitzungen eine übrigens schon von Magnus geplante Herausgabe eines physikalischen Jahresberichtes, der Fortschritte der Physik, eine Hauptaufgabe der Physikalischen Gesellschaft ist. Zuerst sollten unter Leitung von Karsten grössere einheitliche zusammenhängende und zugleich kritische Darstellungen der gesammten Leistungen in den einzelnen Theilen der Physik gegeben werden. Später hinderten viele sonstige Beschäftigungen die Mitarbeiter an der Verfolgung dieses hohen Zieles, und man musste sich begnügen, nach dem Stoff geordnete, je nach der Individualität des Referenten mehr oder weniger kritische Referate über die einzelnen Abhandlungen zusammenzustellen. Die grosse Schwierigkeit, immer geeignete Referenten zu gewinnen und immer wieder zu erneuter Arbeit heranzuziehen, wurde glücklich überwunden.

Als dann äussere finanzielle Verhältnisse den Fortbestand der Fortschritte gefährdeten, da war es unter anderen verdienten Mitgliedern wiederum du Bois-Reymond, der den Muth nicht sinken liess, und im Verein mit ihnen den so werthvollen Fortschritten neues Leben einhauchte, sodass sie jetzt zu unserer aller Freude wieder vollständig auf der Höhe der Zeit stehen.

Für alle diese Leistungen für unsere Gesellschaft müssen wir du Bois unseren wärmsten Dank aussprechen. Den grossen Einfluss, welchen er zum Nutzen der Gesellschaft und zum Heil der Wissenschaft ausgeübt hat, verdanken wir seiner mächtigen Persönlichkeit, seiner Treue, seinem unermüdlichen, thatkräftigen Eingreifen und nicht minder seiner wissenschaftlichen Stellung.

Was er uns für die Physikalische Gesellschaft ist, wissen wir Alle. Seine wissenschaftliche Bedeutung brauche ich Ihnen

nicht im Einzelnen vorzuführen und möchte nur eine seiner allgemeinsten Leistungen erwähnen, dass er vor allem die Physiologen gelehrt hat, die exactesten physikalischen Methoden mit Erfolg bei ihren Forschungen anzuwenden.

Tief beklagen wir, dass er, durch Krankheit verhindert, hier nicht unter uns weilen kann. Wir wollen ihm unsere Theilnahme und mit innigstem Dank unsere besten Wünsche für sein Wohlergehen aussprechen.

Hr. Geheimer Obermedicinalrath Emil du Bois-Reymond lebe hoch!

In unmittelbarem Anschluss daran brachte Hr. **A. Paalzow** folgenden Trinkspruch aus:

Meine Damen und Herren. Es ist meine Absicht, ein Hoch auszubringen auf die jungen Physiker, ihre Frauen und Bräute.

Zur Begründung knüpfe ich an die Worte des Vorredners. Derselbe behauptete, Magnus hätte eigentlich keine Schule gegründet. Dem muss ich entschieden widersprechen. Der Vorredner, viele Andere, darunter auch meine Wenigkeit, sind aus dieser Schule hervorgegangen.

Magnus war sogar der erste, der in seinem Laboratorium und seinem Colloquium hier in Berlin eine physikalische Schule gründete, und ich muss gestehen, dass mir seine Methode besser gefiel, als die jetzt in den Staatslaboratorien zur Anwendung gekommene.

Das Magnus'sche Laboratorium war privater Natur, man verdankte die Aufnahme in dasselbe der Liebenswürdigkeit des Professors. Honorar wurde nicht gezahlt. Dafür wurde aber auch niemand zum Arbeiten zugelassen, der nicht ein Arbeitsthema mitbrachte. Ja, selbst wenn dies der Fall war, wurde derselbe zurückgewiesen mit den Worten: „Ach, damit kommen Sie nur einem anderen Physiker ins Gehege“, oder: „Was Sie da suchen, versteht sich so von selbst, dass ein Arbeiten darüber ganz überflüssig ist“.

Es musste dann der wissensdurstige Jüngling sich ein besseres Thema ausdenken, bis es ihm gelang, in das Heiligthum aufgenommen zu werden.



Von ausgezeichneter Wirkung war das Colloquium, so dass auch ältere Mitglieder der Physikalischen Gesellschaft, wie Krönig und Clausius, an demselben theilnahmen.

Magnus war kein steifer pedantischer Leiter desselben, er stieg vom hohen Katheder herab, und mit der Offenheit und Ungezwungenheit, wie er die Discussion eröffnete, löste er den Mitgliedern die Zunge, so dass immer Leben in die Debatte kam.

Die Arbeiten, über welche die Mitglieder zu referiren hatten, wurden grausam zerlegt und zerpflückt, bis der Kern der Sache gefunden war.

Hier konnte der angehende Physiker lernen, was bisher in dem betreffenden Theile der Physik gearbeitet war und was sich lohnte, neu zu bearbeiten, hier konnte er sich neue Probleme stellen.

Heutzutage wird es dem Studirenden leicht gemacht. Wenn er das hohe Honorar bezahlt hat, muss der Leiter des Laboratoriums ihn aufnehmen.

Mit all den Bequemlichkeiten, die jetzt die Laboratorien bieten, kann er behaglich das Thema bearbeiten, welches ihm der gütige Professor anweist.

Dadurch werden aber weit mehr Physiker gezüchtet, als später in auskömmlichen Stellen untergebracht werden können.

Darum trinke ich auf das Wohl der jungen Physiker, mögen sie bald in gute Stellen kommen, ich trinke auf das Wohl ihrer Frauen und Bräute, die in der Wartezeit sie trösten und erheitern mögen. Sie leben hoch!

Hr. **B. Schwalbe** gedachte der abwesenden Mitglieder und befreundeten Vereine mit folgenden Worten:

Hochverehrte Versammlung.

Es ist von jeher ein Vorzug der Physikalischen Gesellschaft gewesen, dass die einzelnen Mitglieder derselben, auch wenn sie ihr nicht mehr unmittelbar angehört haben, Treue und Anhänglichkeit bewahrten. So denken auch an dem heutigen Festabend Viele, die denselben nicht mit persönlich

begehen können, sei es durch Zeit, Raum oder andere Umstände gehindert, unserer Gesellschaft und der Zeiten, in denen sie mit uns in engerer Verbindung standen und persönlich in unseren Sitzungen an dem Leben und Streben der Gesellschaft theilnahmen. Nicht gering ist diese Seite der Wirkung unserer Gesellschaft anzuschlagen; durch die Redaction der „Fortschritte der Physik", die ich selber lange Jahre führte, habe ich selbst erfahren, eine wie weite Verbindung unsere Gesellschaft in den Kreisen der Physiker Deutschlands hergestellt hat, wie fast Alle kürzere oder längere Zeit an der Mitarbeit betheiligt gewesen sind und wie sie immer bereit waren, die Arbeiten der Gesellschaft zu fördern und zu stützen. Es dürfte nur wenige der älteren Physiker Deutschlands geben, welche nicht direct oder indirect mit unserer Gesellschaft in Berührung oder in Verkehr gestanden haben. Für die so erwachsene Anhänglichkeit geben heute sprechenden Beweis die zahlreichen Grüsse und Wünsche, welche aus Nah und Fern, theils brieflich, theils telegraphisch eingegangen sind. Vor allem von dem einzigen neben unserem hochverehrten Herrn Ehrenpräsidenten noch lebenden Gründer der Gesellschaft Herrn Prof. Karsten in Kiel, der es schmerzlich empfindet durch seinen Gesundheitszustand am Erscheinen verhindert zu sein und mit den besten Grüssen an die Freunde und Collegen den Wunsch ausspricht, dass die Gesellschaft in alle Zukunft blühe und gedeihe; ebenso sendet unser langjähriges Mitglied Dr. Brix, leider noch im letzten Augenblicke durch eine Fussverletzung ans Zimmer gebunden, seine herzlichsten Wünsche zum frohen Feste. Es senden Grüsse und Wünsche H. A. Lorentz in Leiden: „Möge die Gesellschaft bis in ferne Zukunft blühen und im Interesse der Wissenschaft und der freundschaftlichen Beziehungen zwischen den Physikern wirksam sein"; Pfaundler in Graz, Grotrian in Aachen, Eilh. Wiedemann in Erlangen, Goldhammer in Kasan, ein Vivat sendet Chwolson Petersburg; seinem alten Präsidenten und allen lebenden und dahingeschiedenen Freunden weiht in treuer Erinnerung am fünfzigjährigen Stiftungsfeste einen Festestrunk unser langjähriger Schriftführer Georg Quincke, ebenso sendet Hr. Oberbeck, der 24 Jahre lang Mitarbeiter an unseren Fortschritten war, in Erinnerung an unsere Sitzungen und die Förderung und

Anregung, die sie vielen von uns geboten haben, Wünsche für das Blühen und Gedeihen der Gesellschaft, und diesen Wünschen schliessen sich an die russische Physikalische Gesellschaft in Petersburg; sie sendet ihrer verehrten älteren Collegin herzlichste Glückwünsche zur Feier fünfzigjähriger glänzender Arbeit an allen Fortschritten der Physik, der Präsident Prof. Petruschewsky, und der Vorstand des Physikalischen Vereins zu Frankfurt a. M. mit der Hinzufügung: „Möge Ihre Gesellschaft jederzeit von solchen Männern geführt werden wie bisher und möge sie ihren grossen Erfolgen immer neue hinzufügen.“

Es hätte nahe gelegen, die Berliner Physikalische Gesellschaft zu einer deutschen zu erweitern, wie dies bei der uns befreundeten Berliner Chemischen Gesellschaft der Fall gewesen ist, und so auch äusserlich in erkennbarer Weise das Streben zu kennzeichnen, ein Bindeglied zwischen den einzelnen Gesellschaften unseres Vaterlandes zu sein; oft und in mancherlei Beziehung ist davon gesprochen worden, aber man nahm Abstand davon, das innere geistige Band, das die Gesellschaft mit ihren auswärtigen Mitgliedern durch ihre Mitarbeiter, die in allen Theilen Deutschlands vertheilt sind, verknüpft, in eine äussere Form umzusetzen. Ist doch durch die Fortschritte der Physik das Bestreben unserer Gesellschaft gekennzeichnet, nicht nur mit den Gesellschaften und Fachgenossen in unserem Vaterlande in Verbindung zu stehen, sondern dadurch auch mit den fremdländischen Gesellschaften ein internationales Band zu knüpfen, das sich zur Förderung unserer Wissenschaft, zum Gedeihen der Gesellschaften immer mehr erweitern und schliessen möge. In diesem Sinne fordere ich die Gesellschaft auf, mit mir zu toasten auf das Wohl der abwesenden Mitglieder, das Wohl der Freunde, die unseres Festes in Treue gedacht und der Verbindung der gleichstrebenden Gesellschaften in allen Culturstaaten. Sie leben hoch!

Nach einigen kurzen Worten des Hrn. **A. v. Oettingen** gab Hr. **Raoul Pictet** zum Schluss der Hoffnung Ausdruck,

dass die beiden grossen in diesem Jahre in Berlin und Genf geplanten Ausstellungen die Bewohner beider Städte, insbesondere die Vertreter der Wissenschaft zu näherer persönlicher Berührung führen mögen und lud vor allem die Mitglieder der Berliner Physikalischen Gesellschaft ein im kommenden Sommer Genf zu besuchen.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 15. **Nr. 2.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 17. Januar 1896.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **O. Frölich** sprach

über den Schutz physikalischer Institute gegen electrische Bahnen.

Sitzung vom 31. Januar 1896.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **W. Kaufmann** hielt einen mit Demonstrationen verbundenen Vortrag

über Röntgen'sche Strahlen.

Sitzung vom 14. Februar 1896.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. **R. Börnstein** zeigte

eine vermittelst Röntgen'scher Strahlen auf Bromsilberpapier gemachte Aufnahme.

Hr. **W. von Bezold** sprach dann

über wissenschaftliche Ballonfahrten.

Hr. **F. Neesen** zeigte

eine neue Anordnung zur Erhöhung der Wirksamkeit der Röntgen'schen Strahlen.

Hr. **E. Goldstein** sprach

über die Herstellung dauerhafter Röhren zur Erzeugung RÖNTGEN'scher Strahlen.

Hr. **A. Coehn** sprach

über electrolytische Auflösung und Abscheidung von Kohlenstoff.

Sitzung vom 28. Februar 1896.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **F. F. Martens** (a. G.) sprach

über die Magnetisirung horizontaler im Erdfeld rotirender Scheiben.

Hr. **Wood** (a. G.) demonstrirte

eine doppeltwirkende Quecksilberluftpumpe ohne Kautschukschlauch.

Hr. **H. Starke** (a. G.) berichtete

über eine Methode zur Bestimmung der Dielectricitätsconstanten fester Körper.

Hr. **W. König** liess durch Hrn. **E. Lampe**

mehrere vermittelst RÖNTGEN'scher Strahlen gemachte Aufnahmen

vorlegen.

Hr. **H. Rubens** zeigte

die Wirkung kurzer electrischer Wellen.

Sitzung vom 13. März 1896.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Hr. **C. Linde** (a. G.) sprach

über die von ihm construirte Gasverflüssigungsmaschine.



Hr. **Orlich** (a. G.) zeigte

eine Methode zur objectiven Demonstration der Phasen von Wechselströmen mittels zweier Vibrationsgalvanometer.

Hr. **A. König** berichtete über Versuche von Frl. **E. Köttgen** und Hrn. **G. Abelsdorff** betreffend

den Sehpurpur der verschiedenen Wirbelthierklassen.

Sitzung vom 27. März 1896.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. **F. S. Archenhold** sprach

über das sogenannte schwarze Licht.

Hr. **E. Goldstein** sprach dann

zur Technik der Röntgen'schen Versuche.

Sitzung vom 17. April 1896.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. **A. König** machte eine Anzahl physiologisch-optischer Mittheilungen, betreffend

1. die Anzahl der das Gesichtsfeld eines normalen Auges zusammensetzenden Seheinheiten verglichen mit der Anzahl der Primitivfasern im Querschnitt des Nervus opticus;
2. neuere mikroskopische Funde von Hrn. J. Lindsay über die Beschaffenheit des Pigmentepithels in der menschlichen Retina;
3. die historische Entwickelung unserer Kenntnisse über das sogenannte Purkinje'sche Phänomen, insbesondere die neueren darauf bezüglichen Versuche des Hrn. E. Hering.

Sitzung vom 1. Mai 1896.

Vorsitzender: Hr. W. von Bezold.

Der Rechnungsführer Hr. **M. Planck** trägt den Kassenbericht über das abgelaufene Geschäftsjahr vor und bittet um Entlastung. Diese wird ihm auf Antrag der Hrn. W. Brix und E. Lampe, welche Bücher und Kasse statutengemäss revidirt haben, zugleich mit dem Danke der Gesellschaft einstimmig ertheilt. Der von Hrn. M. Planck aufgestellte Voranschlag über Einnahmen und Ausgaben des neuen Geschäftsjahres findet ebenfalls einstimmige Annahme.

Die darauf durch Acclamation vorgenommene Wahl des Vorstandes gibt diesem nunmehr folgende Zusammensetzung.

Ehrenvorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Vorsitzende:
1. Hr. W. von Bezold,
2. „ F. Kohlrausch,
3. „ E. Warburg.

Schriftführer:
1. Hr. B. Schwalbe,
2. „ A. König,
3. „ R. Börnstein,
4. „ R. Assmann.

Rechnungsführer:
1. Hr. M. Planck,
2. „ W. Brix,
3. „ E. Lampe.

Bibliothekare:
1. Hr. H. Rubens,
2. „ U. Behn.

Es wird mitgetheilt, dass von jetzt an jeden Dienstag und Freitag Abend von 6—9 Uhr die Bibliothek geöffnet und der Vereinssecretair Hr. Girke anwesend sein wird, um Bücher auszuleihen.

Hr. **H. Dubois** sprach dann nach gemeinsam mit Hrn. **E. Taylor Jones** gemachten Versuchen

über Magnetisirung und Hysterese verschiedener Stahl- und Eisensorten.

Ueber wissenschaftliche Luftballonfahrten[1]; *von W. von Bezold.*

(Vorgetragen in der Sitzung vom 14. Februar 1896.)

(Vgl. oben p. 41.)

Wenn man die Bedeutung der in neuerer Zeit vielfach ausgeführten wissenschaftlichen Ballonfahrten richtig würdigen will, so muss man vor allem Klarheit darüber gewinnen, welche Aufgaben der meteorologischen Forschung im gegenwärtigen Augenblick in erster Linie zur Lösung vorliegen.

So lange das Streben wesentlich dahin gerichtet war, die Art und Weise, wie sich die meteorologischen Vorgänge im allgemeinen abspielen, durch Mittelwerthe zu charakterisiren, d. h. so lange man sich im wesentlichen nur mit Klimatologie beschäftigte, und die Meteorologie vorwiegend eine geographisch-statistische Wissenschaft war, hatten auch wissenschaftliche Ballonfahrten noch nicht entfernt die gleiche Bedeutung wie heute.

Angaben über die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse der höheren Luftschichten schenkte man natürlich auch damals schon ein gewisses Interesse, aber die Schlüsse, welche man daraus ziehen konnte, waren doch nur ziemlich beschränkte.

Heutzutage sind derartige Zahlen von geradezu grundlegender Wichtigkeit; seitdem man damit begonnen hat, die Meteorologie zu einer Physik der Atmosphäre umzugestalten, erwartet man von den Luftschiffern die Entscheidung der fundamentalsten Fragen.

---

1) Wir glauben den Lesern dieser Verhandlungen einen Gefallen zu thun, wenn wir den vorliegenden Vortrag etwas ausführlicher wiedergeben, da man sich aus demselben verhältnissmässig leicht darüber unterrichten kann, mit welchen Fragen sich die neueste meteorologische Forschung beschäftigt. Auch dürfte es für den Physiker nicht uninteressant sein, daraus zu ersehen, wie sich die Meteorologie jetzt, nachdem sie sich scheinbar von der Physik losgelöst und selbständig gemacht hat, in ihren Methoden und in ihrer Fragestellung doch viel näher an die reine Physik anschliesst, als früher, wo diese Trennung äusserlich noch nicht erfolgt war.



Ich will versuchen, dies mit einigen Zügen klar zu machen:

Die unmittelbaren Versuche für die gesammten Bewegungen in der Atmosphäre bilden Differenzen des Luftdrucks in gleichem Niveau, die ihrerseits wieder durch Temperaturdifferenzen hervorgebracht werden.

Wenn der Luftdruck in einer Fläche von gleicher Meereshöhe, oder, strenger ausgedrückt, in einer Niveaufläche der Schwerkraft constant ist, so ist kein Grund zu Bewegungen in Richtung dieser Fläche gegeben; ist diese Bedingung nicht erfüllt, so ist das Gleichgewicht gestört, die Luft muss sich bewegen.

Von der Grösse dieser Störung erhält man eine sehr anschauliche Vorstellung, wenn man sich Flächen gleichen Druckes durch die Atmosphäre gelegt denkt; fallen diese Flächen mit Niveauflächen zusammen, so herrscht Gleichgewicht, sind sie gegen die letzteren geneigt, so erfahren die Lufttheilchen eine Beschleunigung und zwar ist diese Beschleunigung im Sinne der Niveaufläche, d. h. in Richtung der Horizontalen ebenso gross wie jene, welche ein schwerer Körper erfahren würde, wenn die Druckfläche starr wäre und er auf derselben unter dem Einfluss der Schwerkraft reibungslos herabgleiten könnte. Dies gilt freilich nur unter der Voraussetzung, dass die Neigung der beiderlei Flächen gegen einander so gering sei, dass Sinus und Tangente des Neigungswinkels als gleichwerthig angesehen werden dürfen, eine Bedingung, die unter den thatsächlich vorkommenden Verhältnissen stets erfüllt ist.

Denkt man sich ferner zwei benachbarte Flächen constanten Druckes durch die Atmosphäre gelegt, von denen die eine dem Drucke p, die andere dem Drucke $p + \Delta p$ entspricht, so ist die verticale Entfernung zweier solcher Flächen an zwei verschiedenen Stellen einfach der an diesen Stellen herrschenden absoluten Temperatur proportional.

Bezeichnet man dementsprechend (Fig. 1) diese Entfernung an einer bestimmten Stelle durch H_1, an einer anderen durch H_2, so besteht die Gleichung $H_1 : H_2 = T_1 : T_2$, wo T_1 und T_2 die in den Luftsäulen von den Höhen H_1 und H_2 herrschenden absoluten Temperaturen sind.



Diese Art der Betrachtung, die leider noch immer nicht in die Lehrbücher übergegangen ist, obgleich die in Fig. 1 mitgetheilte schematische Zeichnung, jedoch ohne strengere Begründung, schon vielfach als Erläuterungsmittel verwendet worden ist, wurde zuerst von Hrn. Teisserenc de Bort[1]) angestellt und später gründlicher ganz unabhängig hiervon von Hrn. Möller[2]) sowie von mir selbst.[3]).

Sie ist nichts anderes als eine zweckmässige Deutung der bekannten Formel

$$\gamma = \frac{d\,b}{d\,l} \cdot \frac{13{,}6}{\varrho} \cdot g,$$

wo γ die Beschleunigung bezeichnet, welche ein Lufttheilchen im Sinne der horizontalen Geraden l erfährt, die an der betrachteten Stelle in die Richtung der grössten Luftdrucks-

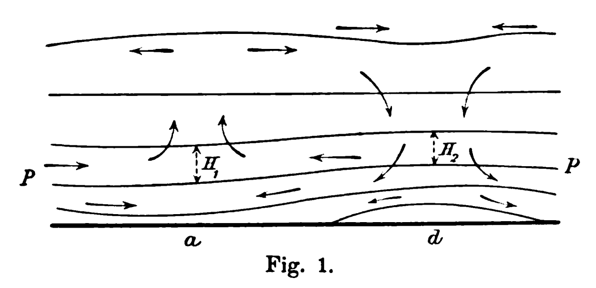


Fig. 1.

änderung fällt, b den Barometerstand in Millimetern Quecksilber, ϱ aber die in dem Cubikmeter Luft enthaltene Masse.

Alsdann ist

$$\varrho = 1{,}293 \frac{b}{760} \cdot \frac{273}{T},$$

wenn T die absolute Temperatur bedeutet.

Aus diesen beiden Gleichungen ergiebt sich dann in höchst einfacher Weise die weitere Formel

$$\gamma = g \operatorname{tg} \alpha,$$

wo α den Neigungswinkel der Fläche constanten Druckes bedeutet, eine Formel, die mit jener für die Beschleunigung auf der schiefen Ebene zusammenfällt, sowie α so klein ist, dass man $\sin \alpha$ statt $\operatorname{tg} \alpha$ setzen darf.

---

1) Teisserenc de Bort, Ann. du Bur. Centr. Météor. (1) **73.** 1882.

2) Möller, Archiv der Seewarte X. Jahrg. Nr. 3. 1887.

3) W. v. Bezold, Sitzungsber. der Berl. Akad. p. 1305. 1890.

Denkt man sich nun (Fig. 1) auf der eben angenommenen Erdoberfläche durch eine Stelle niedrigsten Druckes *a* und durch eine solche höchsten Druckes *d* eine verticale Ebene gelegt, und denkt man sich ferner Flächen constanten Druckes so gezogen, dass die Aenderung des Druckes von einer dieser Flächen zu einer benachbarten immer denselben Betrag hat, so übersieht man ausserordentlich leicht, wie es sich mit dem Luftaustausch zwischen zwei solchen Gebieten verhält, sofern keine anderen Kräfte als die aus der Druckvertheilung entspringenden in Frage kommen.

Man sieht, dass unter dieser Voraussetzung am Grunde der Atmosphäre Luft von allen Seiten nach dem Gebiete tiefsten Druckes, dem sogenannten barometrischen Minimum, oder der Cyklone hinströmen muss, während sie von einer solchen höchsten Druckes — barometrisches Maximum, Anticyklone — ringsum abfliesst.

Sollen nun solche Gebiete hohen und niedrigen Druckes fortbestehen, bez. sich nur als zusammengehöriges Ganzes weiterbewegen, wie dies annäherungsweise thatsächlich der Fall ist, und sollen hierbei keine anderen Kräfte ins Spiel kommen, als die in den eben hingeschriebenen Formeln ausgedrückten, so ergiebt sich daraus eben jener Verlauf der Druckflächen, wie er in Fig. 1 durch den Schnitt dieser Flächen mit den Verticalebenen versinnlicht ist. D. h. die Druckflächen, die in der Nähe der Erdoberfläche sich nach der Stelle tiefsten Druckes hinsenken, müssen oberhalb dieses Gebietes nach oben convex sein und demnach nach aussen abfallen, da unter den oben gemachten Voraussetzungen nur bei einer solchen Druckvertheilung unten ein beständiges Zuströmen und oben ein beständiges Abfliessen und damit zugleich über dem Gebiete niedrigen Druckes ein andauernder aufsteigender Strom möglich ist.

Genau das Umgekehrte gilt von dem Gebiete hohen Druckes. Dort müssen die Druckflächen sowohl oben als unten in dem entgegengesetzten Sinne gekrümmt sein als über dem Gebiete der Cyklone, wenn oben fortgesetztes Zuströmen, unten Abfliessen und über dem ganzen Gebiete dauerndes Absteigen der Luft stattfinden soll.

Diese Art der Druckvertheilung, wie sie in diesem Schema

dargestellt ist, schliesst aber ganz bestimmte Voraussetzungen über jene der Temperaturen in sich. Da nämlich nach diesem Schema die Druckflächen über dem Minimalgebiete, d. h. über *a* nothwendigerweise weiter auseinandertreten müssen, als über dem Maximalgebiete, so folgt hieraus mit zwingender Nothwendigkeit, dass die Temperaturen über dem ersteren bis oben hinauf höher sein müssen, als über dem letzteren.

Thatsächlich war dies auch bis vor wenigen Jahren die allgemein verbreitete Anschauung und überall begegnete man dem Satze, über warmen Gebieten steigt die Luft auf, über kalten sinkt sie herab. Wir werden später sehen, dass für den grossen Kreislauf, wie er sich innerhalb der sogenannten Rossbreiten, also innerhalb des tropischen und subtropischen Gürtels vollzieht, diese Annahme vollkommen berechtigt ist, während sie bei dem Luftaustausch zwischen Cyklone und Anticyklone, wie er sich in den mittleren und hohen Breiten abspielt, bedeutender Einschränkung bedarf.

Die ersten Angriffe gegen die althergebrachte Lehre, d. h. gegen die sogenannte Convectionstheorie, gingen vor etwa einem Jahrzehnt von Hrn. Hann aus, der aus den Beobachtungen in den Alpen nachwies, dass nicht selten die Luft im Gebiete des aufsteigenden Stromes bis hoch hinauf kühler ist, als in den benachbarten Gebieten absteigenden Stromes.

Dass es sich im Sommer häufig so verhält, kann eigentlich kaum überraschen, denn über dem Gebiete der Depression, d. h. über jenem des aufsteigenden Stromes ist der Himmel mit Wolken bedeckt, und ist es dementsprechend kühler, als über jenem des barometrischen Maximums, wo die Sonne bei wolkenlosem Himmel ihre volle Wirkung äussern kann. Aber sogar im Winter, wo es erfahrungsgemäss über dem Gebiete des Maximums bei heiterem Himmel viel kälter ist, als in jenem der Depression, beschränkt sich die intensive Kälte nicht selten auf die untersten Luftschichten, sodass auch dort die oben angestellten Betrachtungen, wenn auch nicht ganz hinfällig, so doch wenigstens abgeschwächt werden.

Man versteht leicht, dass die Entscheidung dieser Frage von ganz hervorragender Bedeutung ist, und ebenso leicht, dass sie nur durch Beobachtungen im Luftballon zu erbringen ist, da die Berge wenigstens in unseren Gegenden einestheils

nicht hoch genug sind, andererseits aber aus den auf Bergen angestellten Beobachtungen doch nur mit Vorsicht Schlüsse auf die Verhältnisse in der freien Atmosphäre gezogen werden dürfen.

Hier muss also der Luftschiffer eingreifen, und zwar sind es vor allem die von ihm mitgebrachten Aufzeichnungen über Temperatur und Feuchtigkeit, welche die Entscheidung herbeiführen müssen.

Dies überblickt man leicht, wenn man sich der nachstehenden Art der Darstellung bedient, ein Verfahren, das sich beinahe immer mit Vortheil anwenden lässt, wenn es sich darum handelt, die Abhängigkeit irgend eines Elementes von der Höhe zu untersuchen. Man braucht nämlich nur die Höhen als Ordinaten, das entsprechende Element aber als Abscissen aufzutragen und man erhält sofort ein Bild, welches sich den natürlichen Verhältnissen vorzüglich anpasst, und dadurch einen vortrefflichen Ueberblick gewährt.

Trägt man die Temperaturen als Abscissen auf, so entspricht das Bild annäherungsweise dem Diagramm, welches H. Hertz zur graphischen Berechnung der bei der adiabatischen Zustandsänderung feuchter Luft auftretenden Formeln ersonnen hat, nur mit dem Unterschiede, dass Abscissen und Ordinaten vertauscht sind, bez. das ganze Diagramm um 90° im Sinne des Uhrzeigers gedreht ist.

Zur Erläuterung verschiedener thermodynamischer Vorgänge wurde die gleiche Art der Darstellung später von W. Morris-Davis und W. Curry[1]) angewendet, nachdem ich selbst einige Jahre früher gezeigt hatte, wie vortheilhaft es ist, derartige Diagramme nicht nur zum graphischen Rechnen, sondern vor allem auch zur Versinnlichung solcher Processe zu benutzen, nur mit dem Unterschiede, dass ich mich eines erweiterten Clapeyron'schen Diagrammes bediente, da dieses einen unmittelbaren Ueberblick über die Arbeitsleistung gibt und auch verhältnissmässig leicht die ausgetauschten Wärmemengen urtheilen lässt.[2])

Wendet man nun die eben geschilderte Art der Darstellung auf den in Fig. 1 dargestellten Luftaustausch zwischen

---

1) W. Morris-Davis u. W. Curry, Am. Met. Journ. **6.** p. 337 ff. 1889.

2) W. v. Bezold, Sitzungsber. der Berl. Akad. p. 1189 ff. 1888.

Cyklone und Anticyklone an, so ergäbe sich ein Diagramm, das ungefähr die in Fig. 2 dargestellte Gestalt hätte, d. h. es wäre $t_a > t_d$, wenn t_a die Temperatur beim Beginne des Aufsteigens, t_d jene nach beendigtem Absteigen wäre.

Nimmt man ausserdem an, dass der Kreisprocess in sich geschlossen sei und dass die herabsinkende Luft wieder nach dem Ausgangspunkte zurückkehre, so ist dies ein Vorgang, bei dem Wärme in Arbeit verwandelt wurde.

Dass es sich thatsächlich sehr häufig anders verhält, wurde bereits bemerkt, und zwar hat es den Anschein, als ob sich der Luftaustausch zwischen Cyklone und Anticyklone viel mehr einem adiabatischen Vorgange nähere. Es scheint deshalb gut, zunächst einmal einen solchen näher ins Auge zu fassen. Steigt feuchte Luft auf, ohne dass ihr Wärme

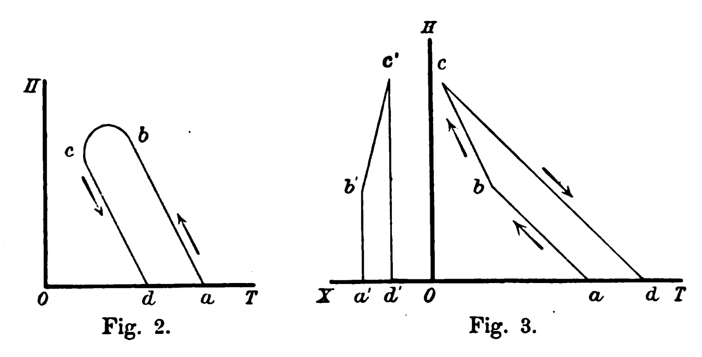


Fig. 2. Fig. 3.

zugeführt oder entzogen wird, so bleibt die Temperaturabnahme für gleiche Erhebung nahezu die gleiche, so lange noch keine Condensation eintritt, ist letzteres der Fall, so bleibt sie auch wieder annäherungsweise constant, ist aber wenigstens bei Beginn des Condensationstadiums nur etwa halb so gross, als im ersteren Falle.

Unter der Annahme rein adiabatischer Aenderung würde demnach das Diagramm den Verlauf zeigen, wie er in Fig. 3 dargestellt ist. Hier stellt ab den Vorgang dar vom Beginn des Aufsteigens bis zum Eintritt der Condensation, bc jenen nach Eintritt des letzteren und cd endlich den des Absteigens, freilich immer nur in der Voraussetzung, dass die Höhe, durch welche die Luft im Condensationsstadium aufsteigt, nicht zu gross sei und dass der Gefrierpunkt nicht überschritten wird.

Lässt man die erstere Voraussetzung fallen, so tritt an die Stelle der Geraden *b d* eine leicht gekrümmte Linie, die ihre concave Seite dem Coordinatenursprung zuwendet, während Ueberschreiten des Gefrierpunktes eine Knickung zur Folge haben würde.

Ein derartiges nahezu adiabatisches Auf- und Absteigen hat man beim Föhn vor sich, da dort der auf- und absteigende Ast ganz nahe nebeneinander liegen und der ganze Vorgang sich so rasch abspielt, dass die Wärmeaufnahme oder -abgabe kaum in Betracht kommen.

Das Diagramm lässt sich überdies leicht so weit ergänzen, dass man zugleich ein Bild von den Feuchtigkeitsverhältnissen erhält.

Trägt man nämlich die Wassermengen, welche der Masseneinheit trockener Luft in Dampfform beigemischt sind, und die ich kurzweg das „Mischungsverhältniss" nenne und mit x bezeichnen will[1]), nach der negativen Seite hin als Abscissen auf, so erhält man durch das Diagramm $a' b' c' d'$ sofort ein Bild von den Feuchtigkeitsverhältnissen. Man sieht, wie während des Aufsteigens dieses Verhältniss das nämliche bleibt bis zum Eintritt der Condensation, d. h. bis zur Höhe h_b, wie es von da an stetig abnimmt, bis die grösste Höhe h_c erreicht ist, und wie es dann wiederum constant bleibt, bis der Abstieg in der Höhe $h_d = h_a = 0$ seinen Abschluss gefunden hat. Auch springt hier sofort in die Augen, wie die Luft nach erfolgtem Herabsinken relativ viel trockener sein muss, als vor dem Aufsteigen, da $t_d > t_a$ während $x_d < x_a$ ist.

Dieses Diagramm zeigt genau den entgegengesetzten Verlauf, wie das in Fig. 2 dargestellte, das aus der in Fig. 1 versinnlichten Druckvertheilung abgeleitet wurde. Trotzdem schliesst es sich den durch die Beobachtungen gewonnenen Zahlen viel besser an als das erstere. Nicht einmal im Winter, wo es am Grunde der Anticyklone meist viel kälter ist als in der barometrischen Depression, scheint das Diagramm Fig. 2

1) Die Masse Wasser hingegen, welche in der Masseneinheit feuchter Luft in Dampfform enthalten ist, nenne ich „specifische Feuchtigkeit". Welche hervorragende Rolle diese beiden Grössen in der Thermodynamik der Atmosphäre spielen, habe ich in der Zeitschrift für Luftschifffahrt 1894, S. 1 ff. eingehend erörtert.

anwendbar, sondern vielmehr ein solches, wie es in Fig. 4 dargestellt ist, da es nachgewiesenermaassen bei ruhigem, klarem und kaltem Winterwetter schon in sehr mässigen Höhen viel wärmer ist, als unten am Erdboden.

Hiermit werden aber wenigstens für mittlere und höhere Breiten die Voraussetzungen hinfällig, auf welche man bisher die Lehre von dem Luftaustausch zwischen Gebieten hohen und niedrigen Luftdruckes aufgebaut hat. Dass dem so sei, ersieht man auch sofort, wie man die mitgetheilten Diagramme in die CLAPEYRON'sche Form übersetzt und den specifischen Druck als Ordinate, das specifische Volumen aber als Abscisse einführt.

Alsdann erhält man Diagramme, welche nach Herstellung einer Verbindung zwischen Anfangs- und Endzustand, d. h. nach Vervollständigung zu einem geschlossenen Kreisprocess einen solchen darstellen, bei welchem Arbeit in Wärme, nicht aber Wärme in Arbeit verwandelt wird.

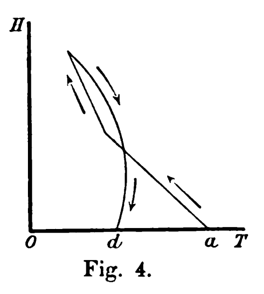


Fig. 4.

Da nun alle Energie der Erde in Form von Wärme zugeführt wird, so sind solche Processe, wie man sie in den Cyklonen und Anticyklonen der höheren Breiten vor sich hat, für sich allein nicht möglich, sie müssen vielmehr die zu ihrer Unterhaltung erforderliche Energie aus einer anderen Quelle schöpfen, und als solche hat man den grossen Kreislauf zu betrachten, wie er sich der Hauptsache nach innerhalb der Tropen bis nach den subtropischen Gürteln hin abspielt.

Den Schlüssel zur Erklärung dieser eigenartigen Vorgänge findet man wiederum in dem Verlaufe der Druckflächen vom Aequator bis zu den Polen.

Berechnet man nämlich die Mittelwerthe des Luftdruckes für die einzelnen Parallelkreise und construirt man dann unter Berücksichtigung der Temperaturen die Druckflächen, so findet man für den Durchschnitt dieser Flächen mit einer Verticalebene ein Bild, wie es Fig. 5 darstellt, wobei jedoch der Einfachheit halber der Meridian geradlinig gestreckt gezeichnet und die verticalen Dimensionen ganz ausserordentlich übertrieben sind.

Die unter der Grundlinie stehenden Zahlen bedeuten die geographischen Breiten. Aus dieser Darstellung, die besonders die Verhältnisse der südlichen Halbkugel gut wiedergiebt, ersieht man nun, dass zwischen dem Aequator und den sogenannten Rossbreiten, also innerhalb des Gürtels, der ungefähr zwischen 30° südlicher und 35° nördlicher Breite gelegen ist, die Druckvertheilung thatsächlich dem in Fig. 1 entworfenen Schema entspricht. Die Winde wehen im Durchschnitt an der Erdoberfläche von den beiden Zonen hohen Druckes nach dem mittleren äquatorialen Gürtel niedrigen Druckes hin mit der bekannten, durch die Erdrotation bedingten Ablenkung und fliessen oben nach diesen Zonen zurück.

Von da ab nach den Polen sinken die Druckflächen beständig — von der eigentlichen Circumpolargegend wird hier abgesehen, da aus diesen Gegenden zu wenig Material vor-

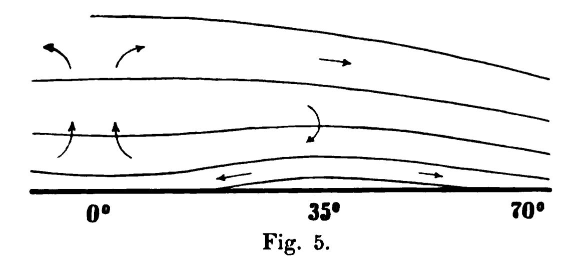


Fig. 5.

liegt — und stellen mithin eine Vertheilung dar, die gar nicht fortbestehen könnte, wenn thatsächlich nur die eingangs betrachteten Kräfte ins Spiel kämen.

Denn nach dem oben entwickelten Satze müssten alsdann über den ganzen Polkappen von unten bis oben polwärts gerichtete Winde wehen, die den niedrigen Druck in den Polargegenden bald zum Verschwinden bringen und damit die Druckflächen heben und eine ganz andere Druckvertheilung erzeugen müssten.

Nun wird aber den polwärts gerichteten Strömen infolge der Erdrotation mehr und mehr eine westliche Richtung ertheilt, sodass die beiden Polkappen wenigstens im Durchschnitt fortgesetzt von westlichen Winden umkreist werden. Hieraus entspringen Centrifugalkräfte, die das Eindringen der Luft in die Polargegenden hindern und durch deren Stau-

wirkung eben die beiden zuerst durch William Ferrel nachgewiesenen Zonen hohen Druckes entstehen.

In den beiden Polkappen aber erfolgt das Zu- und Abströmen von und nach den Polen nicht mehr nach einfachem Schema, sondern hier treiben eben die auf- und absteigenden Ströme ihr Spiel, welche die über uns wegziehenden Cyklonen und Anticyklonen bedingen und uns das Wetter bringen.

In den kräftigen südwestlichen und westlichen Winden, die in den hohen Regionen der Atmosphäre in mittleren und höheren Breiten fast unablässig wehen, ist ein genügender Vorrath von Energie vorhanden, um die Arbeit zu leisten, welche zu einem Luftaustausch nach den in Fig. 3 und 4 entworfenen Schematen erforderlich ist. Die Quelle dieser Energie aber liegt in dem etwa 65 bis 70 Breitengrade umfassenden mittleren Gürtel der Erde, der etwas mehr als die Hälfte der Erdoberfläche bedeckt und im Jahresdurchschnitt beinahe zwei Drittel der gesammten Wärmemenge erhält, welche der Erde durch die Sonnenstrahlen geliefert wird.

Diese Betrachtungen dürften genügen, um zu zeigen, dass die Erklärung der Vorgänge in den unsere Witterungserscheinungen bedingenden, in stetem Wechsel vorüberziehenden Gebieten hohen und niedrigen Luftdruckes lange nicht so einfach ist, als man früher glaubte, und dass die an der Erdoberfläche gesammelten Beobachtungen nicht entfernt genügen, um einen tieferen Einblick in dieselben zu gewinnen.

Dagegen würden diese Fragen endgültig entschieden werden, wenn es gelänge, solche thermodynamische Diagramme, wie sie oben in den Fig. 2, 3 und 4 rein schematisch entworfen wurden, nach zuverlässigen Beobachtungswerthen zu zeichnen.

Zu dem Zweck aber bedarf es genauer Angaben über Temperatur und Feuchtigkeit aus verschiedenen Höhen der Atmosphäre sowie über Windrichtung und Windgeschwindigkeiten. In dieser Hinsicht können die Gebirgsstationen wichtige Beiträge liefern, die eigentlich ausschlaggebenden Zahlen aber darf man nur von Beobachtungen im Luftballon erwarten.

Leider lassen sich die älteren Beobachtungen im Luftballon, wie man sie besonders Engländern und Franzosen

verdankt, in dieser Hinsicht nur wenig verwerthen, da die Temperaturangaben grossentheils mit ganz gewaltigen Fehlern behaftet sind, die sich nicht selten auf 6—8 Grad, in manchen Fällen wohl auf 10—12 Grad belaufen dürften.

Da nämlich der Ballon immer mit dem Winde fliegt und dementsprechend im Ballon, sofern er nicht gerade die Grenzfläche zweier Luftströme durchschneidet, immer Windstille herrscht, so wachsen die Strahlungseinflüsse, die in der reinen und dünnen Luft ohnehin viel bedeutender sind als am Erdboden, ganz ausserordentlich.

Diese Schwierigkeiten sind erst beseitigt, seitdem Hr. Assmann sein Aspirationspsychrometer erfunden und damit ein Instrument geschaffen hat, welches auch bei der stärksten Sonnenstrahlung die wahre Lufttemperatur zu ermitteln gestattet.

Die Erfindung dieses Instrumentes war es auch, welche für Hrn. Assmann den ersten Anstoss gab, zur Wiederaufnahme der früher von Welsh und Glaisher sowie von verschiedenen französischen Forschern ausgeführten wissenschaftlichen Ballonfahrten, für welche überdies heute ganz andere Gesichtspunkte vorliegen als ehedem.

Nachdem theils mit Unterstützung der Akademie der Wissenschaften, theils durch die Hochherzigkeit verschiedener Gönner, unter denen vor allem auch Werner von Siemens zu nennen ist, verschiedene kleinere Freifahrten sowie eine Reihe von Aufstiegen eines mit selbstregistrirenden Instrumenten ausgerüsteten Fesselballons ausgeführt und so reiche Erfahrungen gesammelt worden waren, würde es durch die Bewilligung beträchtlicher Mittel aus dem Kaiserlichen Dispositionsfonds ermöglicht, den von Hrn. Assmann entworfenen Plan in grossartigem Maassstabe aufzunehmen und durchzuführen.

Die Führung des Ballons lag hierbei meistens in den Händen von Officieren der Königlichen Luftschifferabtheilung, von denen sich besonders der damalige Premierlieutenant, jetzt Hauptmann Gross ganz ausserordentliche Verdienste um die Sache erworben hat, während die Beobachtungen von Herren des meteorologischen Instituts angestellt wurden. Später hat auch Hr. A. Berson, der weitaus die meisten Fahrten mit-



gemacht hat, vielfach ganz allein Freifahrten unternommen, und ist es ihm auch gelungen, zu der äussersten bisher von Menschen erreichten Höhe, d. i. auf 9150 m, vorzudringen, und sichere directe Beobachtungen von dorther mitzubringen.

Die nächst bedeutende Höhe war 7930 m, bis zu welcher die Hrn. Gross und Berson am 11. Mai 1894 emporstiegen, während der unbemannte, nur mit Registririnstrumenten versehene Ballon Cirrus Barometerstände aufzeichnete, welche das eine Mal einer Höhe von 16 325 m, das andere Mal einer solchen von 18 450 m entsprachen.

Hierbei ist noch besonders zu betonen, dass die Berechnung der Höhen noch bedeutend grössere Zahlen ergeben hätte, wenn man hinsichtlich der Temperaturbestimmung auf die früheren mangelhaften Hülfsmittel angewiesen gewesen wäre, und wenn man die Rechnung nicht so genau durchgeführt hätte, als man dies thatsächlich gethan hat.

Abgesehen von den beiden bereits vorweg erwähnten Freifahrten wurden in den Jahren 1888—1895 von dem Deutschen Verein zur Beförderung der Luftschifffahrt, d. h. unter der Oberleitung des Hrn. Assmann, noch weitere 43 ausgeführt und ausserdem noch an 24 Tagen ein mit Registrirapparaten ausgerüsteter Fesselballon in die Höhe gelassen.

Alle diese Fahrten und Aufstiege vertheilten sich auf die verschiedensten Tages- und Jahreszeiten sowie auf die verschiedensten Wetterlagen. Auch wurden sie nach wechselndem Programm bald als eigentliche Hochfahrten, bald als Dauerfahrten mit Beschränkung auf mässigere Höhen, d. h. bis zu 4000 oder 5000 m oder noch weniger ausgeführt. Die Höhe von 5000 m wurde im Ganzen bei 10 Fahrten überschritten.

Mit der Bearbeitung der bei dem Unternehmen gewonnenen Ergebnisse sind jene Herren, welche die Fahrten ausgeführt haben, eifrigst beschäftigt und sollen dieselben dem wissenschaftlichen Publikum in einem grossen Werke zugänglich gemacht werden. Vorläufige Mittheilungen findet man in der Zeitschrift für Luftschifffahrt von V. Kremser in den Jahrgängen 1888—1895. Die oben angedeuteten wichtigsten Schlüsse auf die gesammte Dynamik und Thermodynamik der Atmosphäre können natürlich erst gezogen werden, wenn alle einzelnen Berechnungen beendigt und die gewonnenen Zahlen

unter den verschiedensten Gesichtspunkten zusammengestellt sind.

Immerhin ist es schon jetzt möglich, die nachstehenden, zum Theil recht überraschenden Ergebnisse als gesichert zu betrachten.[1])

1. Die Temperaturen in den höheren Schichten der Atmosphäre sind viel niedriger, als man sie bisher nach den früheren unvollkommenen Bestimmungen annahm, aus welchen man schliessen zu dürfen glaubte, dass sich dieselben mit steigender Höhe asymptotisch einem zwischen -40^0 und -50^0 gelegenen Werthe näherten. Bei der von den Hrn. Gross und Berson ausgeführten Fahrt wurde dagegen schon in einer Höhe von 7000 m eine Temperatur von $-36{,}5^0$, bei der von Hrn. Berson allein unternommenen in einer Höhe von 9150 m eine solche von $-47{,}9^0$ einwurfsfrei festgestellt, während die Registririnstrumente des unbemannten Ballons Cirrus in Höhen von 16 300 m und 18 500 m Temperaturen von -53^0 bez. -67^0 aufgezeichnet haben, Werthe, die übrigens sicherlich noch viel zu hoch sind und erst durch wiederholte Aufstiege berichtigt werden müssen.

2. Die Temperaturabnahme mit der Höhe steigt innerhalb der Grenzen, bis zu welchen die Beobachtungen verbürgt werden können, mit wachsender Erhebung, ganz im Gegensatz mit den früheren Anschauungen, wie sie in den Formeln von Hann und Mendeleef zum Ausdruck gebracht wurden.

3. Dieser rascheren Abnahme in grösseren Höhen steht eine verhältnissmässig geringere zwischen 2000 m und 4000 m gegenüber, die ihre Ursache darin finden dürfte, dass gerade in diesen Schichten vorzugsweise die Condensation des Wasserdampfes erfolgt, was im Einklange mit dem Verlaufe des Stückes bc in dem Diagramm Fig. 3 eine solche Verlangsamung der Abnahme nach sich ziehen muss.

4. Die Veränderung der Temperatur mit der Jahreszeit und wohl auch mit der Tageszeit scheint in unseren Gegenden nicht bis 7000 m hinaufzureichen.

5. Die sogenannte Temperaturumkehr während ruhigen klaren Winterwetters oder während klarer Nächte, die man

1) Vgl. Ztschr. f. Luftschifffahrt. Aprilheft 1895.



früher schon im Gebirge beobachtet hat, ist auch in der freien Atmosphäre eine regelmässige Erscheinung, ganz entsprechend dem Stücke *c d* des in Fig. 4 mitgetheilten Diagrammes. Ganz aussergewöhnlich stark war diese Umkehr am 12. Jan. 1894, wo in 700 m Höhe + 10° beobachtet wurden, während die Temperatur der untersten Luftschicht — 6° betrug, die sich in 3500 m wieder vorfanden.

Völlig neu ist die Beobachtung, dass auch in sehr grossen Höhen noch beträchtliche Temperaturumkehr vorkommen kann, und zwar infolge von Uebereinanderlagerung verschieden gerichteter, also aus verschiedener Quelle stammender Luftschichten.

Wenn an der Grenze solcher Schichten Wolkenbildung eintritt, so erfolgt sie in Form von Wogenwolken, wie dies nach den theoretischen Untersuchungen von H. von Helmholtz nicht anders zu erwarten ist.

6. Die Bildung von Haufwolken im Gebiete der barometrischen Depression reichte wiederholt in ungeahnte Höhen hinauf und konnte hierbei mehrfach die nach der Theorie zu erwartende Neigung der oberen Wolkengrenze nach dem Rande der Depression zu nachgewiesen werden.

7. Die Oberfläche einer geschlossenen Wolkenschicht nähert sich sowohl in ihrem thermischen als auch in dem electrischen Verhalten jenem der Erdoberfläche.

8. Im übrigen entsprechen die an der Wolkengrenze angestellten Beobachtungen vollkommen den nach der Theorie zu erwartenden.[1])

9. Aus den freilich nicht sehr zahlreichen luftelectrischen Beobachtungen scheint hervorzugehen, dass das Potentialgefälle mit der Höhe abnimmt, und dass sich das Potential selbst in grösserer Erhebung einer Constanten nähert.

10. Der Wasserdampfgehalt der Luft wurde mehrfach schon in mässigen Höhen ungemein gering d. h. unter 1 Proc. relativer Feuchtigkeit herabgehend befunden.

Ueber die tägliche und jährliche Periode der einzelnen meteorologischen Elemente in verschiedenen Höhen können erst nach Beendigung aller Zusammenstellungen Mittheilungen

---

1) Vgl. W. v. Bezold, Sitzungsber. der Berl. Akad. p. 380. 1890.

gemacht werden. Auch lässt sich erst dann beurtheilen, mit welchem Grade von Zuverlässigkeit es möglich sein wird, die oben angegebenen Diagramme für den Luftaustausch zwischen Cyklone und Anticyklone zu zeichnen und damit die Dynamik und Thermodynamik dieser Gebilde auf Grundlage von Beobachtungen auszubauen.

Der ideale Fall, dass der Ballon, im Centrum einer Cyklone aufsteigend, die Luftmassen begleitet, um dann mit ihnen im Mittelpunkte der Anticyklone zur Erde herabzusinken, wird sich natürlich sehr schwer jemals verwirklichen lassen. Immerhin wird es möglich sein, durch geschickte Verwerthung und Zusammenfügung der bei den obengenannten Fahrten, sowie anderwärts, also z. B. von dem Münchener Verein für Luftschifffahrt oder vom Hrn. Oberst POMORZEFF in St. Petersburg gewonnenen, freilich lange nicht so reichhaltigen Zahlen die Diagramme für den Luftaustausch zwischen den genannten Gebilden wenigstens mit einem hohen Grade von Annäherung zu entwerfen.

Sowie diese Arbeiten weiter gediehen sind und zu bestimmten Ergebnissen geführt haben, werde ich nicht versäumen, von dieser Stelle aus wiederum Bericht zu erstatten.

Ueber electrische Auflösung und Abscheidung von Kohlenstoff; von Alfred Coehn.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 14. Februar 1896.)

(Vgl. oben p. 42).

---

1. Es ist bisher nicht versucht worden, Kohle-Ionen in den Bereich des Faraday'schen Gesetzes zu ziehen. Gelänge das, so würde erstlich das Problem der directen Electricitätsgewinnung aus Kohle seine einfachste Lösung finden können durch Construction eines Elements, dessen positive Electrode Kohle wäre und ferner würde sich der organischen Chemie damit die Aussicht eröffnen, Kohlenstoff in organische Substanzen auf electrolytischem Wege einführen und sie ebenso davon befreien zu können.

Bei dem Versuch, die Frage zu beantworten, ob Kohle Ionen bilden könne, bin ich von einer Beobachtung ausgegangen, welche Bartoli und Papasogli mittheilen, dass nämlich bei der Electrolyse verdünnter Schwefelsäure zwischen Kohle-Electroden eine Antheilnahme der Kohle-Anode an dem electrolytischen Vorgange stattfindet, derart, dass an einer solchen Anode neben Sauerstoff noch Kohlenoxyd und Kohlensäure auftreten. Ich habe nun zunächst versucht, die in Betracht kommenden Factoren, Concentration, Temperatur und Stromdichte so zu variiren, dass an der Anode überhaupt kein Sauerstoff mehr, sondern lediglich die Verbrennungsproducte der Kohle auftraten. Es gelang dabei nicht, Kohlensäure oder Kohlenoxyd allein zu erhalten, wohl aber ein Gemisch beider, welches nur mehr etwa 1 Proc. Sauerstoff enthielt. In demselben waren bis zu 70 Proc. Kohlensäure und etwa 30 Proc. Kohlenoxyd.

2. Bei diesen Versuchen wurde beobachtet, dass in niederen Temperaturen eine Disaggregation der Kohle-Anoden stattfand, wobei suspendirte Kohletheilchen sich in der Säure zeigten. Bei höheren Temperaturen dagegen fand eine solche Disaggregation der Kohle nicht statt, dagegen trat eine deut-

liche Färbung der Säure ein. Zuerst gelb und bei längerer Versuchsdauer dunkelroth und rothbraun. War dies eine durch den Strom erfolgte Lösung der Kohle, so war darin die Kohle vermuthlich in Form von Ionen enthalten, d. h. in einer von der Richtkraft des Stromes beeinflussbaren Form. Eine solche Lösung muss dann auch geeignet sein, Kohlenstoff, da dieser ja Wasser nicht zersetzt, an der Kathode wieder abzugeben. Wurde also unter Beibehaltung der Kohle-Anode eine Kathode aus Platin in dieser Lösung verwendet, so schlug sich auf derselben Kohle gleichwie ein Metall nieder. Dabei zeigte die — bei richtiger Wahl der Stromdichte — äusserst glatt und dicht auftretende Kohle zuerst prachtvoll die Farben dünner Blättchen, um später schwarz graphitisch zu erscheinen. — Die Versuche, Lösung und Niederschlag zu erhalten, ergaben die gleichen Resultate bei Anwendung verschiedener Kohlesorten als Anoden. Insbesondere fanden Verwendung geschliffene Naturkohle und homogene Bogenlampenkohle; auch mit Stücken von Hochofencoaks wurden die Versuche durchgeführt. (Es wird eine Reihe von mit Kohle überzogenen Platinplatten vorgelegt, ebenso eine Platinschale, wie sie nach CLASSEN zur quantitativen Analyse auf electrolytischem Wege benutzt wird; dieselbe zeigt innen einen dichten Kohleüberzug.)

Dass der Niederschlag wirklich Kohle und kein Metall war, welches etwa aus Verunreinigungen der Kohle-Anoden herrühren mochte, wurde zunächst durch sein Verhalten gegen Säuren erwiesen. In Salzsäure zeigte er sich unangreifbar, in kochender Salpetersäure war er in Spuren löslich — was an die colorimetrische Kohlenstoffprobe im Stahl erinnert. In der Flamme verflüchtigen sich selbst stärkere Niederschläge sofort und vollständig. Endlich wurde noch der directe Beweis in der Art geführt, dass die niedergeschlagene Kohle auf die bekannte Art, wie man den Kohlenstoff des Eisens bestimmt, durch Chromsäure verbrannt und die entstandene Kohlensäure von Natronkalk absorbirt und gewogen wurde. Ferner wurde eine Elementaranalyse ausgeführt. Diese ergab neben Kohlenstoff stets noch Wasserstoff. Der Rest — wie üblich als Sauerstoff gerechnet — ergänzte den gefundenen Wasserstoff zu Wasser. Entweder also war neben Kohlenstoff ein festes

leitendes Kohlehydrat abgeschieden, oder aber es haftete dem abgeschiedenen Kohlenstoff eine Art Krystallwasser mit grosser Zähigkeit an. Dem Wassergehalt entsprach auch das Verhalten gegen concentrirte Schwefelsäure. Tropft man diese auf den Niederschlag, welcher noch die Farben dünner Blättchen zeigt, so tritt augenblicklich eine Auflockerung und Schwarzfärbung des Niederschlages ein, welche an das Verhalten der concentrirten Schwefelsäure gegen Kohlehydrate erinnert.

3. Es war nun von Interesse, zu versuchen, ob sich ein Element construiren liesse, dessen Lösungselectrode aus Kohle bestände. Es handelte sich nur mehr darum, der Kohle eine noch electronegativere Electrode gegenüberzustellen. Jenseits der Kohle stehen am negativen Ende der Spannungsreihe noch die Superoxyde. Es wurde Bleisuperoxyd verwendet — in der Form einer geladenen Accumulatorplatte. Wird diese einer in heisser Schwefelsäure befindlichen Kohle-Electrode gegenübergestellt, so hat man ein Element, welches einen starken und constanten Strom zu liefern im Stande ist. Das Element zeigt, durch 100 Ohm geschlossen, die Spannung von 1,03 Volt.

Es entsteht hier die Frage, ob überhaupt ein Antheil und welcher Antheil der Stromentwickelung den Vorgängen an der Kohle zufällt. Auch Platin, in Schwefelsäure einer Bleisuperoxydelectrode gegenübergestellt, zeigt eine Wirkung auf das Galvanometer im selben Sinne wie Kohle. Bis zu einer sichtbaren Sauerstoffentwickelung am Platin kommt es jedoch nicht. Sobald das Platin mit Sauerstoff beladen ist, wird die Wirkung auf das Galvanometer verschwindend klein. Natürlich ist die Wirkung platinirten Platins von längerer Dauer.

Würde Kohle ebenfalls nur als unlösliche Anode wirken, so müsste der Vorgang hier wie dort mit wachsender Sauerstoffbeladung zu Ende gehen. Dies ist jedoch nicht der Fall.

Der Stromübergang währt, bis das Bleisuperoxyd der Accumulatorplatte sich in Bleisulfat verwandelt hat. Eine frisch geladene Bleisuperoxydplatte an Stelle der entladenen führt wieder einen Stromübergang in der früheren Stärke herbei.

Die in dieser vorläufigen Mittheilung enthaltenen Resultate sind:

1. Es ist möglich, auf electrolytischem Wege eine Lösung von Kohle herzustellen.

2. Aus einer solchen Lösung lässt sich Kohle als Kation abscheiden.

3. Es ist ein Element herstellbar, dessen Lösungselectrode aus Kohle besteht.

Die magnetische Induction horizontaler, im Erdfelde rotirender Scheiben;
von F. F. Martens.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 28. Februar 1896.)

(Vgl. oben p. 42.)

Der Vortragende hat die Untersuchung im hiesigen Physikalischen Institute auf Anregung und unter der Leitung Hrn. Prof. WARBURG's ausgeführt.

§ 1. Die Susceptibilität $\varkappa$, d. h. das Verhältniss der Intensität der Magnetisirung zu der magnetisirenden Kraft, wurde für mehrere kreisrunde, im Erdfelde um ihre verticale Axe rotirende Scheiben nach der ballistischen Methode bestimmt. Für eine Scheibe kam auch die magnetometrische Methode zur Anwendung; die Scheibe rotirte während der Messung, sodass remanente Magnetisirung das Resultat nicht beeinflussen konnte. Zur Berechnung sei noch bemerkt, dass sämmtliche Scheiben eine im Verhältniss zum Durchmesser geringe Dicke besassen und deshalb als Rotationsellipsoide aufgefasst werden konnten. Die wahre magnetisirende Kraft, d. h. die Differenz der äusseren Feldkraft (der Horizontalcomponente) und der von der Magnetisirung der Scheiben im Innern erzeugten magnetischen Kraft war für die verschiedenen Scheiben verschieden; die Werthe lagen zwischen 0,04 und 0,15 C. G. S.-Einheiten. Für diese Werthe der magnetisirenden Kraft gelten die Werthe von $\varkappa$, welche die Tabelle am Schluss der Mittheilung angiebt.

§ 2. Die Hysteresis äussert sich hier darin, dass die magnetische Axe der rotirenden Scheiben nicht mit der Feldrichtung zusammenfällt, sondern im Sinne der Rotation gegen diese um einen gewissen Winkel verschoben wird, der Hysteresisablenkung heissen soll. Bei der Messung der Hysteresisablenkung ist eine wichtige Vorfrage die, ob dieselbe von der Geschwindigkeit der Rotation abhängt. Diese Frage besitzt eine wichtige principielle Bedeutung und ist identisch mit der Frage, ob die in einem magnetischen Kreisprocesse

vergeudete Energie oder der Arbeitswerth der Hysteresiscurve von der Schnelligkeit abhängt, mit welcher der Kreisprocess durchlaufen wird.

Zur experimentellen Prüfung dieser Frage wurde die obere Nadel eines sehr leichten astatischen Nadelpaares in dem Meridian und zwar in der Ebene der Scheibe aufgehängt. Die durch die Hysteresisablenkung bedingte Ablenkung des Nadelpaares bei Umkehrung der Rotationsrichtung, also auch die Hysteresisablenkung, erwies sich als vollkommen unabhängig von der Geschwindigkeit der Rotation, wenn diese von 200—2,5 Umdrehungen in der Secunde variirt wurde. Ist

M das Moment einer Scheibe (d. h. das Product aus Volumen und Intensität der Magnetisirung),

H die Intensität des äusseren Feldes, in welchem die Scheibe rotirt,

HA die Hysteresisablenkung, so ist das der Rotation entgegenwirkende Drehungsmoment

$$MH \sin HA,$$

folglich

$$2\pi MH \sin HA$$

die bei einer Umdrehung zu leistende Arbeit. Da zwischen den Grenzen 2,5 und 200 der Umdrehungszahl die Hysteresisablenkung HA constant ist, und wie in § 4 gezeigt werden wird, auch das Moment M, so ist innerhalb dieser Grenzen auch die bei einer Umdrehung zu leistende Arbeit von der Umdrehungszahl unabhängig.

Mit den Resultaten der verschiedenen Beobachter, die nach dem Vorgange der Hrn. WARBURG und L. HÖNIG[1]) die Frage untersucht haben, ob die in einem Kreisprocesse vergeudete Energie von der Wechselzahl desselben abhängt, ist das obige Ergebniss nicht direct vergleichbar, da es sich auf magnetisirende Kräfte von ganz anderer Grössenordnung bezieht.

§ 3. Zur Messung der Hysteresisablenkung wurden zwei Methoden benutzt. Bei der einen, nur auf grössere Scheiben anwendbaren, wurde das vollkommen astasirte Nadelpaar senkrecht über der zu untersuchenden rotirenden Scheibe

---

1) E. WARBURG u. L. HÖNIG, Wied. Ann. **20**. p. 814. 1883.

aufgehängt; die bei Umkehrung der Rotationsrichtung beobachteteSystemablenkung war also gleich der doppelten Hysteresisablenkung. Bei der anderen, für kleinere Scheiben passenden Methode wurde die obere Nadel in dem Meridian und zwar in der Ebene der Scheiben aufgehängt; das Drehungsmoment, welches infolge der Hysteresisablenkung die Scheibe auf das System ausübte, wurde durch ein bekanntes Drehungsmoment, welches eine kleine, stromdurchflossene Spule ausübte, compensirt.

Aus den für die verschiedenen Scheiben gefundenen Werthen der Hysteresisablenkung, welche die Tabelle giebt, geht folgende merkwürdige Thatsache hervor: In magnetischen Kreisprocessen, in welchen die Grenzen der magnetisirenden Kraft etwa $\pm$ 0,1 C. G. S.-Einheiten sind, zeigen Stahl und Nickel viel weniger magnetische Hysteresis als Eisen; hartes Eisen zeigt weniger als weiches; ferner scheint die Hysteresisablenkung mit zunehmender Intensität der Magnetisirung zu wachsen, wie die beiden Werthe für das Decap. Eisenblech zeigen.

§ 4. Um die Abhängigkeit der Intensität der Magnetisirung bez. des Momentes der verschiedenen Scheiben von der Umdrehungszahl zu prüfen, wurde die obere Nadel südöstlich vom Meridian der Scheibe in die Ebene der Scheibe gebracht, sodass die Scheibe eine beträchtliche Ablenkung des astatischen Systems hervorrief. Diese Ablenkung und damit die Intensität der Magnetisirung bez. das Moment erwies sich als vollkommen unabhängig von der Umdrehungszahl, wenn diese von 200—2,5 variirt wurde.

Wurden die Scheiben langsam in verschiedene Stellungen von gleichem Winkelabstand gedreht, so war das arithmetische Mittel aus den nach einiger Zeit beobachteten Ablenkungen stets grösser als die Ablenkung bei schnell rotirender Scheibe, d. h. die Magnetisirung aller Scheiben nahm zu, wenn die Umdrehungszahl kleiner wurde als 2,5. Grösser als dieser Zuwachs $(J_2 - J_1)/J_1$ der Magnetisirung ist der Zuwachs $(\varkappa_2 - \varkappa_1)/\varkappa_1$ der Susceptibilität, da die wahre magnetisirende Kraft abnimmt, wenn die Magnetisirung zunimmt. Die Werthe für die verschiedenen Scheiben giebt die Tabelle; besonders auffällig sind die grossen Werthe dieser Zunahme bei sogenanntem Walzeisen.



Diese Erscheinungen entsprechen denjenigen, welche weiches ausgeglühtes Eisen zeigt, wenn eine schwache magnetisirende Kraft nicht der Richtung, sondern der Grösse nach geändert wird. Diese Erscheinungen sind von Hrn. J. A. Ewing [1]) nach einer schon vorher von Lord Rayleigh angegebenen Methode in grundlegender Weise untersucht worden.

	$\varkappa$	Hysteresis-ablenkung	$\frac{J_2 - J_1}{J_1}$	$\frac{\varkappa_2 - \varkappa_1}{\varkappa_1}$
Geglüht. Decap. Eisenblech { grosse Scheibe	20,1	1° 26′ 30″	—	—
Geglüht. Decap. Eisenblech { kleine „	11,8	1 15	3,3%	11,3%
Ankerkern Siem. u. H.	11,1	2 43 30	3,4	7,7
„ gehämmert	14,1	1 49 50	0,5	1,2
Holzkohlenblech	9,0	1 4 35	0,9	4,5
„ geglüht	—	—	0,8	—
Gehärteter Werkzeugstahl	5,7	6 35	0,2	0,4
Geglühtes Nickelblech	1,8	8 25	0,4	0,6
Walzeisen	—	—	**24,1**	**73,4**

1) J. A. Ewing, Magnetische Induction in Eisen und verwandten Metallen. Deutsche Ausgabe von Holborn und Lindeck p. 120 ff. 1892.

Ueber eine Methode zur Bestimmung der Dielectricitätsconstanten fester Körper; von H. Starke.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 28. Februar 1896.)

(Vgl. oben p. 42).

Die von dem Vortragenden vorgeschlagene Methode zur Messung der Dielectricitätsconstanten isolirender fester Körper ist analog der Schwebemethode zur Bestimmung des specifischen Gewichts fester Körper. Sie gründet sich darauf, dass, wenn in einem electrischen Felde das einen Raumtheil erfüllende, nichtleitende Dielectricum 1 durch ein anderes 2 ersetzt wird, der Kraftlinienverlauf nur dann ungeändert bleibt, wenn 2 dieselbe Dielectricitätsconstante wie 1 besitzt. Ist nun die Dielectricitätsconstante von 1 in hinreichend weiten Grenzen zu variiren, so kann man einen solchen Fall für verschiedene Media 2 stets realisiren und so die Dielectricitätsconstante von 2 durch Bestimmung derjenigen von 1 ermitteln. Dies Princip ist auf sehr verschiedene Methoden anwendbar. Bei der zu beschreibenden wird der feste Körper zwischen die Platten eines Flüssigkeitscondensators gebracht, und die Dielectricitätsconstante der diesen erfüllenden Flüssigkeit so lange durch Hinzumischen einer zweiten geändert, bis die Einführung des festen Körpers keine Capacitätsänderung mehr bewirkt. Dann ist die Dielectricitätsconstante desselben gleich derjenigen der Flüssigkeit, und darauf nur noch die letztere zu bestimmen.

Zur Ausführung der Messungen wurde die von Nernst[1])

---

1) Nernst, Zeitschr. f. physik. Chemie **14.** p. 622. 1894.

für Flüssigkeiten ausgearbeitete Methode angewandt, welche die Bequemlichkeit bietet, dass nach Abgleichung des festen und des flüssigen Mediums gleich mit derselben Anordnung die Dielectricitätsconstante des letzteren bestimmt werden kann.

Als zu mischende Flüssigkeiten können alle dienen, welche nicht leiten, und welche sich in jedem Verhältniss ohne chemische Veränderung mischen lassen. Für Bestimmungen von Dielectricitätsconstanten bis ca. 4,2 sind als Flüssigkeiten niedriger Dielectricitätsconstanten Benzol, Xylol, Benzin, als solche höherer Aether, Anethol geeignet, für die Messung höherer Dielectricitätsconstanten ein Gemisch von Benzol und Aethylenchlorid (Dielectricitätsconstante = 11,31 bei 0°).

In der folgenden Tabelle ist eine mit dem letzteren Gemisch an einer Sylvinplatte vorgenommene Bestimmung als Beispiel angeführt. Die erste Columne gibt die Dielectricitätsconstante des jeder Reihe entsprechenden Gemisches, die zweite die durch Einführung der Sylvinplatte in den Flüssigkeitscondensator jedesmal bewirkte Verschiebung der Glasplatte des Messcondensators in Millimetern. Diese sind mit negativem Vorzeichen versehen, wenn sie in Richtung der Capacitätsvergrösserung, mit positivem, wenn sie in umgekehrter Richtung stattfinden.

Dielectricitäts-constanten	Millimeter
2,24	− 10,9
3,07	− 4,8
4,79	− 0,7
4,88	− 0,3
4,99	0,0
5,12	+ 0,4
5,25	+ 0,7

Der Werth der Dielectricitätsconstante des Sylvins ergibt sich hieraus gleich 4,99. Durch Interpolation aus den nächstliegenden Werthen erhält man 4,98.

Die Tabelle gibt auch einen Einblick in die Genauigkeit



der Methode. Die Werthe der Dielectricitätsconstante des vorhergehenden (4,88) und des folgenden (5,12) Gemisches weichen von dem erhaltenen Werth 4,99 um etwa 2 Proc. ab. Diese Abweichung liess sich aber noch deutlich wahrnehmen. Verschiedene Messungen an derselben Platte eines festen Körpers zeigen Abweichungen, die in der Regel 1 Proc. nicht übersteigen.

Damit kleine Aenderungen in der Capacität des Flüssigkeitscondensators noch Verschiebungen der Glasplatte des Messcondensators zur Folge haben, empfiehlt es sich, die Verzweigungswiderstände w_1 und w_2 der Wheatstone'schen Brückenanordnung verschieden zu machen. Ist w_2 doppelt so gross als w_1, so muss, da die Bedingung für die Stromlosigkeit der Brücke $w_1 : w_2 = c_2 : c_1$ ist, einer Capacitätsänderung von c_2 eine doppelt so grosse von c_1 entsprechen. Doch darf hier nicht über ein gewisses Maass hinausgegangen werden; bei grösserem Verhältniss $w_2 : w_1$ ist es nämlich nicht mehr möglich, die Glasplatte des Messcondensators auf $^1/_{10}$ mm genau einzustellen, da so kleine Verschiebungen derselben das Gleichgewicht in der Brücke nicht mehr merklich stören.

Nernst empfiehlt, die Verzweigungswiderstände gleich zu machen, da Capacitätsverschiedenheiten derselben störend einwirken. Um zu untersuchen, ob die genannten Verschiedenheiten von w_1 und w_2 bei der hier angewandten Anordnung schon solche Störungen veranlassten, wurden Bestimmungen der Dielectricitätsconstante einer und derselben Flüssigkeit bei verschiedenen Verhältnissen $w_2 : w_1$ ausgeführt. Die Werthe zeigten hier nicht in Betracht kommende Abweichungen (0,1 bis 0,3 Proc.).

Anlass zu Fehlern würde dagegen ein verschiedenes Leitvermögen des festen und des flüssigen Mediums geben. Ist der Flüssigkeitscondensator nur mit einer Flüssigkeit gefüllt, so kann man deren Leitung auf die bekannte von Nernst angegebene Weise compensiren. Dies ist aber hier nicht mehr gestattet. Es ist klar, dass, wenn beide Media ein verschiedenes Leitungsvermögen besitzen, an der Grenze dieser Medien Ladungen sich bilden müssen, die auf die Capacität des



Flüssigkeitscondensators verändernd einwirken. Deswegen sind Flüssigkeiten, wie Alkohol, Anilin, deren Brauchbarkeit ihrer hohen Dielectricitätsconstante wegen erwünscht wäre, nicht anzuwenden. Auch das Aethylenchlorid besitzt ein Leitvermögen, welches eine Compensation mit dem capillaren Theil des NERNST'schen Compensators erfordert. Doch ist dieses noch so gering (ca. 10^{-13}), dass es nicht störend wirkt. Man erkennt dies daran, dass Bestimmungen der Dielectricitätsconstante eines und desselben festen Körpers bei Anwendung verschieden leitender Flüssigkeiten — von Leitfähigkeiten, die noch gar keine Compensation erfordern, an bis zu solchen, die weit über der des reinen Aethylenchlorids liegen (ca. $6 . 10^{-13}$) — stets dasselbe Resultat ergaben. Die Leitfähigkeit des Gemisches von Aethylenchlorid und Benzol nimmt mit steigendem Benzolgehalt stetig ab.

Der Bereich der Anwendbarkeit der Methode auf isolirende feste Körper ist beschränkt durch die Grösse der Dielectricitätsconstante der anzuwendenden Flüssigkeiten. Die untere Grenze ist etwa 2,2, die obere etwa 10. Sie wird wohl nur von wenigen festen Körpern überschritten.

Die Vortheile der vorgeschlagenen Methode sind erstens, dass schon mit verhältnissmässig wenig Material, nämlich einer Platte von ca. 3 qcm Grösse, die Dielectricitätsconstante desselben bestimmt werden kann, dann aber besonders, dass es auf geometrische Form und Beschaffenheit der Oberfläche des festen Körpers nicht ankommt, also ein Anschleifen an die Condensatorplatten oder eine Messung der Plattendicke und des Abstandes der Condensatorplatten fortfällt. Zu genauer Bestimmung am geeignetsten sind dünne Platten des festen Körpers (ca. 1—2 mm dick), weil dann die Platten des Flüssigkeitscondensators, welche am besten in jedem Fall soweit voneinander abstehen, dass sie den festen Körper gerade berühren, einander nahe, und so die Capacität selbst, wie auch ihre Aenderungen relativ gross sind.

Die folgende Tabelle gibt erhaltene Werthe der Dielectricitätsconstanten einiger fester Körper mit den daraus berechneten Mittelwerthen. Die unter I, II, III angegebenen Zahlen sind an verschiedenen aus einem grösseren Stück des festen Körpers hergestellten Platten erhalten. Verschiedene Messungen



an einer und derselben Platte zeigen Abweichungen derselben Grösse.

	I	II	III	Mittel
Sylvin (Spaltplatte)	4,99	4,88	4,94	4,94
Steinsalz (Spaltplatte)	5,28	5,30	5,29	5,29
Gyps (Spaltplatte)	5,03	5,00	5,09	5,04
Ebonit	2,77	2,82	2,80	2,80
Schwefel (gegossen)	3,82	3,88	3,90	3,87

Ueber Aufnahmen mit Röntgen-Strahlen im physikalischen Verein zu Frankfurt a. M.; von Walter König.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 28. Februar 1896).

(Vgl. oben p. 42).

Bei meinen Bemühungen, die Röntgen'schen Versuche zu wiederholen, hat sich die von Prof. Himstedt im vergangenen Jahre [1]) beschriebene Anordnung für Versuche mit Tesla-Strömen als besonders leistungsfähig erwiesen. Das benutzte Inductorium ist ein Stöhrer'sches mit senkrecht stehenden Spulen. Die primäre Spule hat ca. 600 Windungen. Der Quecksilberunterbrecher ist durch einen Deprez-Interruptor von Klingelfuss in Basel ersetzt. Die secundäre Spule hat 78000 Windungen, die eine Rolle von 26 cm Länge und 12 cm Durchmesser bilden. Mit 10 Accumulatoren (20,7 Volt) betrieben, gibt das Inductorium zwischen Zinkelectroden Funken von 3,5 cm Maximallänge bei einem mittleren Stromverbrauch von 1,2 Amp. An diese Funkenstrecke wurden auf jeder Seite zwei grosse Leydener Flaschen von 18 cm Durchmesser mit 26 cm hohen Belegungen angeschlossen. Die Innenflächen waren mit dem Inductorium und der Funkenstrecke verbunden, die äusseren Belegungen waren durch Paraffinklötze isolirt und untereinander durch die primäre Spule des Tesla-Transformators verbunden. Dieser letztere ist ziemlich genau nach den Angaben Himstedt's gebaut. Zwischen die Enden der secundären Spule des Transformators wurde die Vacuumröhre eingeschaltet. Bei dieser Anordnung betrug die maximale Funkenstrecke des Inductoriums zwischen den Zinkelectroden nur noch 2,5 mm. Die Funkenstrecke wurde so eingestellt, dass bei möglichst gleichmässigem Funkenspiel die vom Transformator zur Röhre führenden Drähte mit möglichst intensiver Büschelentladung bedeckt waren. Beobachtungen mit dem Baryumplatincyanür-Schirme lehrten, dass alsdann das Maximum der Wirkung der Röntgen-Strahlen erreicht war.

---

1) Himstedt, Wied. Ann. 52. p. 473. 1894.

Als Röhre zur Erzeugung der Röntgen-Strahlen wurde ausschliesslich eine grössere kugelförmige Röhre von Goetze in Leipzig benutzt, die dazu bestimmt war, die Wärmewirkung der Kathodenstrahlen zu zeigen. Sie hat oben eine kleine, ebene, unten eine grosse hohlspiegelartige Electrode, in der Mitte ein von einem Glasarm getragenes Platinblech, das im Brennpunkte der Kathodenstrahlen liegt, wenn diese von dem Hohlspiegel ausgehen. Direct an das Inductorium angeschlossen, zeigte die Röhre anfangs bei passender Stromrichtung ein lebhaftes Glühen des Platinbleches, zugleich lebhafte Fluorescenz des Glases und ziemlich starke Röntgen-Wirkung. Angeschlossen an den Tesla-Transformator zeigte sie bei keiner Stromrichtung ein Glühen des Platinbleches, wohl aber sehr starke Fluorescenz des Glases und entsprechend starke Wirkung von Röntgen-Strahlen; letztere geht am intensivsten vom unteren Theil der Röhre aus, von dem Raume zwischen dem Platinblech und der Hohlspiegelelectrode. Nach mehrwöchentlicher, andauernder Benutzung mit dem Tesla-Transformator hat die Röhre ihre Eigenschaften insofern geändert, als sie sich heute direct mit dem Inductorium nur noch schwach erregen lässt. Sie gibt unter denselben Verhältnissen, wie früher, kein Glühen des Platinbleches mehr, zeigt nur noch matte Fluorescenz des Glases und so gut wie gar keine Fluorescenz durch Röntgen-Strahlen. Dagegen lässt sie sich mit dem Tesla-Transformator heute noch ebenso gut wie früher zu starker Röntgen-Wirkung erregen. Diese Röhre besitzt für die Aufnahmen den grossen Vorzug, nicht nur eine starke, sondern vor allem eine nahezu punktförmige Quelle von Röntgen-Strahlen zu sein. Dafür zeugt vor allem die Schärfe der erhaltenen Bilder, die sämmtlich ohne Blende in einer Entfernung von 20—25 cm von der Röhre aufgenommen sind. Ausserdem wurde zur genaueren Feststellung der Lage des Projectionscentrums noch ein besonderer Versuch angestellt. Ein Bleischirm mit mehreren Löcherreihen wurde in 25 cm Entfernung vor der Röhre aufgestellt, in 8,5 cm Entfernung hinter ihm eine Cassette mit photographischer Platte. Das von den Röntgen-Strahlen auf der Platte entworfene Bild des Schirmes mit den Löchern wurde aufgenommen, die Platte entwickelt, fixirt und getrocknet und dann genau an ihre frühere Stelle

zurückgebracht. Man konnte nun durch die Bilder der Löcher und die zugehörigen Löcher selbst nach der Kugelröhre visiren; alle diese Richtungen trafen ungefähr die Mitte des im Mittelpunkte der Röhre befindlichen Platinbleches. [1])

Mit dieser Röhre sind bis jetzt schon etwa 80 Aufnahmen der verschiedensten Art gemacht worden, von denen etwa die Hälfte aus ärztlichem Interesse unternommen worden sind. Es wurden aufgenommen Hände in 3—5 Minuten, Arme in 15 Minuten, Füsse in 8—9 Minuten, Unterschenkel in 30 Minuten, Kieferpartien mit Zähnen 5—9 Minuten. Alle diese Aufnahmen wurden auf Platten der SCHLEUSSNER'schen Fabrik gemacht. Orthochromatische Platten zeigten gegenüber den gewöhnlichen Platten keine höhere Empfindlichkeit. Die vorliegenden Copien sind von der neuen photographischen Gesellschaft in Berlin nach dem Rotationsverfahren auf Brombarytpapier hergestellt.

1) Zusatz beim Druck: Ob für die besondere Wirksamkeit dieser Röhren die Concentrirung der Kathodenstrahlen auf das Platinblech oder vielleicht die Kugelform der Röhre ausschlaggebend ist, darüber war ich anfangs in Zweifel. Alle weiteren Erfahrungen aber, sowohl meine eigenen, als auch diejenigen von Hrn. Prof. RÖNTGEN selbst, haben dahin entschieden, dass die Bestrahlung des Platinbleches dieser Röhre ihr besondere Vorzüge verleiht. (30. April 1896.)

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 15. Nr. 3.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 15. Mai 1896.

Vorsitzender: Hr. E. du Bois-Reymond.

Hr. A. **Paalzow** gedenkt des Verlustes, den die Gesellschaft durch den Tod ihres langjährigen Mitgliedes

Hermann Hänsch

geb. 14. April 1832 gest. 7. Mai 1896

erlitten hat. Nachdem er erwähnt, dass der Verstorbene seine Lehre als Mechaniker hier in Berlin bei Langhoff bestanden und dann behufs weiterer Ausbildung in Paris bei Hoffmann und in London bei Ross & Co. gearbeitet hat, fährt er mit folgenden Worten fort:

Ich lernte H. Hänsch kennen, als eben Kirchhoff und Bunsen ihre Apparate für die Spectralanalyse erdacht hatten. In einer Privatversammlung vertrat ich die Theorie, er die Praxis. Er bekam sofort eine Menge Bestellungen auf Spectralapparate.

Im Jahre 1864 wurde die Firma Franz Schmidt & Hänsch gegründet; damit war für Hänsch verbunden, dass er sich der Specialität der Herstellung von Polarisationsapparaten mit Eifer zuwandte. Geheimrath Landolt würde darüber berichten können, bis zu welch hohem Grad der Vollkommenheit diese Apparate unter Beihülfe von Hänsch gebracht wurden.

Sehr häufig hatte ich mit Hrn. Hänsch über Verbesserungen alter invalid gewordener Apparate zu verhandeln; das geschah einst bei einem Projectionsapparat von Duboscq. Es ergab sich, dass an dem nicht viel zu helfen war, und so entschlossen wir uns, eine optische Bank zu bauen, die von der Firma dann in vielen Exemplaren ausgeführt ist.

Den Hrn. Geheimrath v. Helmholtz und Prof. König ist er hülfreich an die Hand gegangen bei der Construction verschiedener Spectralapparate und den Hrn. Prof. Lummer und Brodhun bei der Einrichtung ihrer neuen Photometer.

Sie sehen aus diesen Beispielen, dass Hr. Hänsch sich für die Wissenschaft der Physik lebhaft interessirte, wir sehen ihn überall in seiner Weise thätig, wo es etwas Neues für die Physik gab. Infolge seiner wissenschaftlichen Richtung wurde er auch Mitglied unserer Gesellschaft.

Leider vernimmt Hr. Hänsch nicht mehr, was die Nachwelt von ihm hielt. Ich habe ihn bei Lebzeiten gern gelobt und ihm oft gesagt, dass er mir ein lieber treuer Berather sei.

Seinen nächsten Verwandten wird es in ihrer tiefen Trauer vielleicht einigen Trost gewähren, wenn sie erfahren, dass sein geachteter Name in den Geschichtsbüchern der Physik für immer aufbewahrt bleibt.

Dem jungen Nachwuchs der Mechaniker möge er ein leuchtendes Beispiel sein, wie die deutsche Physik nur dann auf immer grössere Höhe kommen kann, wenn Wissenschaft und Technik Hand in Hand arbeiten.

In Ihrer aller Namen glaube ich es aber aussprechen zu dürfen, dass dem verstorbenen Hrn. Hänsch in unserem Gedächtniss ein rechtes Gedenken blüht.

Hr. **E. Warburg** spricht in einem von zahlreichen Demonstrationen begleiteten Vortrag

über die Einwirkung des Lichtes auf die Funkenentladung.

Hr. **A. Paalzow** fügt diesem Vortrage noch einige Bemerkungen hinzu.

Anordnung von Geissler'schen Röhren, welche für die Benutzung bei Versuchen mit Röntgen'schen Strahlen besonders geeignet ist; von F. Neesen.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 14. Februar 1896).

(Vgl. oben p. 41).

Bei der im Folgenden beschriebenen Anordnung von GEISSLER'schen Röhren war zunächst der Gedanke maassgebend, dass es nöthig ist, die Kathodenstrahlen möglichst von denjenigen Stellen der Röhrenwand abzuhalten, aus welcher die Wirkung nicht austreten soll. Dazu wurde die schon anderweitig benuzte Reflexion in solcher Weise verwandt, dass von der kreisförmigen Kathode *a* (Fig. 1) die Kathodenstrahlen auf das unter 45° gegen die Rohraxe geneigte Anodenblech *b* fielen und von da in ein Seitenrohr *c* geworfen werden. Durchmesser der Röhre 2 cm. Um die Strahlen auf dem Wege *a b c* zusammenzuhalten, sind die Schenkel *a b* und *b c* mit einer Spule umgeben, durch die ein starker Magnetisirungsstrom geschickt wird.

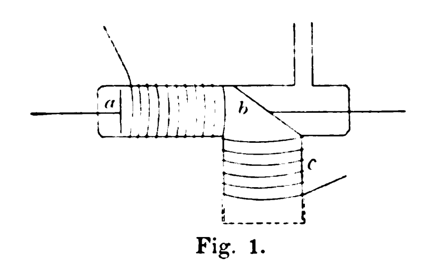


Fig. 1.

Ferner führte die bekannte Beobachtung, dass die RÖNTGEN'schen Strahlen von Glas sehr stark absorbirt werden, während sie durch thierische Haut leicht hindurchgehen, zu dem Versuch, die bei dem Durchgang der Strahlen durch die Glaswand des Entladungsrohres nothwendig auftretende Schwächung dadurch zu vermindern, dass das Rohr *c* nicht zugeschmolzen, sondern mit einer Schweinsblase verschlossen wurde. Die Blase hält, wie sich zeigte, vollständig luftdicht. Sie wird im nassen Zustande über die Oeffnung von *c* gespannt, gleichzeitig durch Fadenumwickelung fest an die Seitenwände von *c* gedrückt.

Nach dem Trocknen (welches zweckmässig in erhitztem Quecksilber geschieht, damit die Wand von *c* warm wird) kann der Sicherheit halber noch Kautschukpapier um die Stellen gewickelt werden, an welcher die Haut an der Glaswand anliegt. Auch durch Ueberfangmutter lässt sich die Membran luftdicht angiessen.

Wie erwartet war, zeigte sich durch die Haut eine viel energischere Wirkung wie durch Glas.

Die beiden Figuren 2 und 3 geben die mit einem kleinen Ruhmkorff bei Expositionszeit von 6 Minuten gewonnenen Photographien Nr. 2 von einer sehr guten Röhre nach Art der von

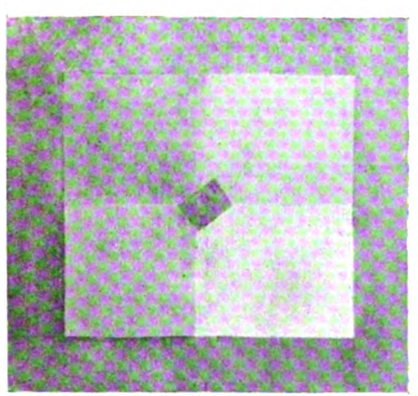


Fig. 2.

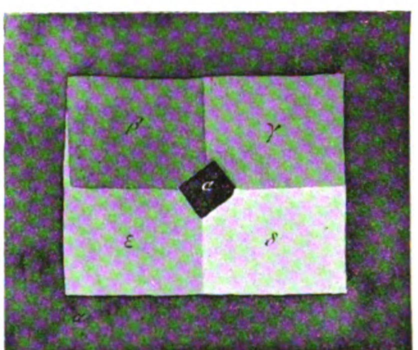


Fig. 3.

Röntgen benutzten, Nr. 3 mit einer Röhre der oben beschriebenen Art. Auf dem über die Platte gelegten schwarzen Papier war ein Viereck aus Scheiben von verschiedenem Material:

α) Stanniol, β) Mikroskopgläschen, ε) Schweinsblase, δ) Fischblase, γ) dünnes Kautschukpapier.

Die Photographien konnten nicht auf photographischem Wege wiedergegeben, sondern mussten nachgezeichnet werden. Dabei ist Fig. 3 noch viel zu gut ausgefallen.

Bemerkenswerth ist noch, dass die Concentration des gebildeten Bildes in verschiedenen Versuchen zeigt, dass die ausserhalb der Röhre fortgehenden Strahlen eine genaue Fortsetzung der Strahlen im Innern sind.

Es bildet sich, wie bekannt, beim Auffallen der Kathodenstrahlen auf die Haut Kohlenoxyd, welches Gas zweckmässig durch fortwährendes Pumpen weggeschafft wird. Da eine Tropfenpumpe eine solche Röhre in 10—15 Minuten zum Gebrauch fertig macht, ist diese Aufgabe leicht.

Uebrigens war bei der oben dargestellten Aufnahme Nr. 3 noch sehr viel blaues Licht zu sehen, also die Röhre keineswegs im günstigsten Zustande.

Wird die Haut durch die auffallenden Strahlen zu stark erhitzt, so fängt sie an, Luft durchzulassen.

Ob die phosphorescirende Wirkung ebenso gut mit diesem Hautverschluss erfolgt, konnte ich nicht untersuchen. Möglich ist, dass hier die Kohlenoxydentwickelung zu schädlich ist.

(Nachtrag: Die phosphorescirende Wirkung erfolgt ebenfalls gut.)

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 15. Nr. 4.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 5. Juni 1896.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **E. Warburg** demonstrirte

einige Vorlesungsversuche.

Hr. **A. König** berichtete darauf über den Inhalt einiger neuerer physiologisch-optischer Abhandlungen.

Sitzung vom 19. Juni 1896.

Vorsitzender: Hr. E. DU BOIS-REYMOND.

Hr. **W. Wien** sprach über

die Messung tiefer Temperaturen

nach gemeinsam mit Hrn. **Holborn** im Laboratorium der Gesellschaft für LINDE's Eismaschinen in München angestellten Versuchen.

Sitzung vom 23. October 1896.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Hr. **H. du Bois** trug vor

über störungsfreie magnetometrische Schemata.

Hr. **E. Lampe** sprach

über Körper grösster Anziehung.

Hr. **P. Spies** sprach dann

über Fluorescenzerregung durch Uranstrahlen.

Hr. **A. Blümel** zeigte

eine Blitzphotographie.

Ueber Körper grösster Anziehung; von E. Lampe.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 23. October 1896).

(Vgl. oben p. 83).

Einleitung.

Gegen Ende des Jahres 1884 berichtete ich in der Physikalischen Gesellschaft über einige Zahlenbeispiele für die Anziehung, welche eine gegebene homogene Masse auf einen materiellen Punkt nach dem Newton'schen Gesetze ausübt.[1]) Die betreffenden Aufgaben waren für meine Vorlesungen gebildet worden und hatten den Zweck, manche falschen Vorstellungen zu beseitigen, die in Bezug auf diese Attractionen unter denen verbreitet sind, welche sich den verwickelten Vorgang der Resultantenbildung aus den Elementarattractionen nicht klar gemacht haben. Man kann z. B. in populären Werken lesen, dass die Anziehung der Erde auf einen Massenpunkt am Pole deshalb grösser sei als am Aequator, weil der Pol dem Erdmittelpunkte näher liege als die Punkte des Aequators. Diesem Schlusse liegt die falsche Vorstellung zu Grunde, dass die Anziehung der Erde so erfolge, als ob ihre ganze Masse in ihrem Mittelpunkte concentrirt wäre. Um den wahren Sachverhalt zu beleuchten, zeigte die frühere Mittheilung, wie die Anziehung eines Sphäroids auf den Pol variirt, wenn die Masse (also das Volumen) desselben constant ist, die Excentricität der Meridianellipse aber sich ändert. Hierbei stellt sich dann unter anderem heraus, dass bei einer gewissen Excentricität die Anziehung auf den Pol ein Maximum erreicht, von diesem Werthe der Excentricität aber nach beiden Seiten hin abnimmt. In ähnlicher Weise wurden andere Körper als Gestalten für die gegebene Masse angenommen und durch gleiche Behandlung entsprechende Ergebnisse erlangt. Zur Verfolgung des Ganges der Function, welche jedesmal die Anziehung darstellt, erwies sich die Betrachtung der Maxima dieser Function als wichtig und nützlich; doch war die Ermittelung derselben nicht der alleinige Zweck jener

---

1) E. Lampe, Verhandl. d. Physik. Ges. zu Berlin, p. 46 ff. 1884.

Fragen. Da aber bei der Bestimmung der Gravitationsconstante mit Hülfe von Abwägungen die der anziehenden Masse zu gebende günstigste Gestalt in Betracht zu ziehen ist, so konnte es wegen des zeitlichen Zusammenfallens meiner älteren Mittheilung mit dem durch die Hrn. König und Richarz 1884 gemachten Vorschlage zur neuen Bestimmung der Gravitationsconstante nicht fehlen, dass auch den von mir behandelten rein mathematischen Fragen einiges Interesse zugewandt wurde.

Zunächst hat Hr. Thiesen in seiner grossen Arbeit „Détermination de la variation de la pesanteur avec la hauteur au pavillon de Breteuil" (1890) gelegentlich in einer Anmerkung die Frage behandelt, den Körper von gegebenem Volumen zu bestimmen, in dessen Nähe die Aenderung der Anziehung ein Maximum ist. Sodann hat Hr. Pierpaoli[1]) das Maximum der Anziehung einer homogenen geraden Pyramide von gegebener Masse mit regelmässiger Basis auf die Spitze und auf den Mittelpunkt der Basis berechnet. Ferner hat Hr. Sella[2]) in mehreren an demselben Orte veröffentlichten Arbeiten die Pierpaoli'schen Resultate auf einfacherem Wege hergeleitet, besonders aber einige allgemeine Sätze aufgestellt, welche die Rechnungen zur Aufsuchung der Maxima von Attractionen oft erheblich abkürzen. Ausserdem dehnte Hr. Sella seine Untersuchungen auf allgemeinere Aufgaben aus; so bestimmte er die Gestalt desjenigen Körpers von gegebener Masse, der auf zwei gegebene Punkte die grösste Anziehung ausübt, und berechnete die Grösse dieser Anziehung sowie auch derjenigen, bei welcher die angezogene Masse nicht ein Massenpunkt, sondern eine Kugel von gegebenem endlichen Radius ist. Endlich ist durch Hrn. Ragnoli in einer kleinen Schrift „Sui corpi di massima attrazione" (Spoleto 1895) auf Grund der Sella'schen Sätze die Tabelle der bis dahin berechneten Körper grösster Anziehung um einige Beispiele vermehrt worden. Das am Ende dieser Broschüre zusammengestellte Verzeichniss, welches die Körper nach der Grösse der Anziehung geordnet enthält, erstreckt sich auf 26 Gestalten.

---

1) Pierpaoli, Rend. Acc. dei Lincei (5) **2** [1], p. 130—136 u. **3** [1], p. 173—176. 1893 u. 1894.

2) Sella, Rend. Acc. dei Lincei **2** [1], p. 90—96; **3** [1], p. 436—442 und **3** [2], p. 47—53. 1893 u. 1894.

Abschnitt I.

Fasst man die Frage nach dem Maximum der Anziehung einer gegebenen homogenen Masse auf einen gegebenen Massenpunkt bei vorgeschriebener Gattung der Gestalt des anziehenden Körpers allgemein auf, so ist es klar, dass es von dem Körper grösster Anziehung an, der vom Marquis De Saint-Jacques 1750 entdeckt, von Playfair 1809 berechnet ist, eine Reihe von unendlich vielen Körpern giebt, bei welchen die Anziehung von dem Maximalwerthe jenes Körpers an stetig abnimmt. Mechanisch kann man diese Körper durch unendlich kleine Gestaltsänderungen herstellen, welche man wiederholt hinter einander an dem Körper grösster Anziehung vornimmt. Schwieriger scheint die entsprechende Aufgabe der reinen Mathematik zu sein; denn im allgemeinen kann man die betreffenden Aufgaben der Variationsrechnung zuweisen. Giebt man jedoch nach Willkür das mathematische Gesetz, nach welchem die Oberfläche des fraglichen Körpers geformt ist, so sieht man sofort ein, dass unendlich viele Möglichkeiten hierbei vorliegen; wenn aber zunächst wieder Unterrichtszwecke verfolgt werden, so handelt es sich hauptsächlich darum, solche Gestalten ausfindig zu machen, bei denen die zu erledigenden Rechnungen ohne grosse Weitläufigkeiten und Schwierigkeiten erledigt werden können.

Will man lediglich Maximalaufgaben in Bezug auf Anziehungen stellen, so sind zunächst alle diejenigen Fälle brauchbar, in denen die Attraction oder das Potential eines Körpers schon berechnet worden ist. Unter diesem Gesichtspunkte kann man z. B. sofort übersehen, dass, da Mehler und Mertens die Anziehung und das Potential von Polyedern explicite dargestellt haben, die von den Hrn. Pierpaoli und Sella behandelten Aufgaben über Pyramiden sich auf Kreistranscendenten und Logarithmen zurückführen lassen. — Eine andere Reihe von Attractionsaufgaben lässt sich ferner bilden für Punkte in der Axe von Rotationskörpern. Da nämlich die Anziehung einer homogenen Kreisscheibe von dem Radius a und der Masse M auf einen Punkt von der Masse m im Abstande h vom Kreiscentrum auf der Axe des Kreises durch den Ausdruck

$$2\,m\,M\frac{k}{a^2}\left(1-\frac{h}{\sqrt{h^2+a^2}}\right)$$



(k eine Constante) gegeben ist, so ist die Anziehung A eines Rotationskörpers, dessen Volumeneinheit die Masse μ enthält, auf den Punkt m der Axe:

$$A = 2\pi m \mu k \int dh \left(1 - \frac{h}{\sqrt{h^2 + a^2}}\right),$$

wo sich die Integration vom kleinsten Werthe von h bis zum grössten erstreckt, a der Radius einer Elementarscheibe des Körpers ist. Die hier noch auszuführende Integration ist in vielen Fällen sehr leicht, bei denen die Gleichung der Meridiancurve des Rotationskörpers in Polarcoordinaten r, φ eine einfache Form hat. Man hat nämlich

$$\sqrt{h^2 + a^2} = r, \quad h/r = \cos\varphi.$$

Die erste Meridiancurve, welche ich ausser den bekannten Fällen versuchsweise annahm, war die Pascal'sche Schnecke $r = a + b\cos\varphi$. Die Leichtigkeit, mit welcher das Resultat in diesem Falle gewonnen wurde, bewog mich, sofort zu der allgemeineren Gattung von Curven überzugehen, deren Gleichung

$$r = a + b\cos^n\varphi \tag{1}$$

ist (n eine beliebige, ganze oder gebrochene, positive Zahl). Doch wurde zur Erleichterung der Rechnung nicht der ganze Körper benutzt, der durch Rotation dieser Curve um die Polaraxe erzeugt wird, sondern nur derjenige Abschnitt, welcher den Werthen $0 \gtreqless \varphi \gtreqless \frac{1}{2}\pi$ entspricht, welcher also durch eine Ebene senkrecht zur Polaraxe im Pole abgetrennt wird. Da der angezogene Massenpunkt m im Pole angenommen ist, so sind die Integrationen, falls φ als Integrationsvariable eingeführt wird, zwischen den Grenze 0 und $\frac{1}{2}\pi$ zu erstrecken.

Nun ist

$$\int dh(1 - \cos\varphi) = h - h\cos\varphi + \int h\sin\varphi\, d\varphi,$$

oder da an der oberen und unteren Grenze $h - h\cos\varphi$ verschwindet:

$$A = 2\pi m \mu k \int_0^{\pi/2} (a + b\cos^n\varphi)\cos\varphi\sin\varphi\, d\varphi,$$

d. h.

$$A = \pi m \mu k \left(a + \frac{2b}{n+2}\right). \tag{2}$$

Das Volumen des anziehenden Körpers ist

$$V = \frac{2}{3}\pi \int_0^{\pi/2} r^3 \sin\varphi \, d\varphi,$$

oder

(3) $$V = \frac{2}{3}\pi \left[a^3 + \frac{3a^2 b}{n+1} + \frac{3ab^2}{2n+1} + \frac{b^3}{3n+1}\right].$$

Die Anziehung A_0 einer Kugel vom Radius R auf denselben Massenpunkt m an der Oberfläche der Kugel ist

$$A_0 = \frac{4}{3}\pi m \mu k R.$$

Hat die Kugel dieselbe Masse wie der eben betrachtete Rotationskörper, so ist $V = \frac{4}{3}\pi R^3$. Vergleicht man nun A mit A_0, indem man den Quotienten A/A_0 bildet, so ergiebt sich, wenn man noch a/b gleich x setzt:

(2a) $$\frac{A}{A_0} = \frac{3\sqrt[3]{2}}{4} \cdot \frac{x + \frac{2}{n+2}}{\sqrt[3]{x^3 + \frac{3x^2}{n+1} + \frac{3x}{2n+1} + \frac{1}{3n+1}}} = \mathfrak{A}.$$

Ist z. B. $a = 0$, so ist auch $x = 0$, und man hat

(2b) $$\mathfrak{A} = \frac{3}{n+2}\sqrt[3]{\frac{3n+1}{4}},$$

ein Ausdruck, dessen Maximum für $n = \frac{1}{2}$ sich als

$$\mathfrak{A} = \sqrt[3]{1{,}08} = 1{,}0259856$$

ergiebt. Dies ist aber der Zahlwerth für den wohlbekannten Körper grösster Anziehung, dessen Meridiankurve ja in der That die Gleichung $r = b\sqrt{\cos\varphi}$ hat.

Lässt man daher n von 0,5 an stetig steigende oder fallende Werthe durchlaufen, so muss $\mathfrak{A}$ von jenem Maximalwerthe an stetig alle kleineren Zahlwerthe annehmen. Insbesondere wird $\mathfrak{A} = 1$ für $n = 1$ und $n = 0{,}1742346$. So lange n also zwischen diesen Werthen liegt, ist die Anziehung des Rotationskörpers der Kurve $r = b\cos^n\varphi$ auf den Pol grösser als die einer Kugel von gleicher Masse auf einen Punkt ihrer Oberfläche. Will man die nach der Formel (2b) berechneten Zahlen für $\mathfrak{A}$ mit den von Hrn. Sella gefundenen in Uebereinstimmung bringen, so muss man berücksichtigen, dass dieser die Anziehung einer Masseneinheit im Abstande 1 von m gleich 1 setzt; daher sind die Zahlen für $\mathfrak{A}$ mit $(^4/_3\,\pi)^{2/3} = 2{,}59852$ zu

multipliciren. Die folgende Tafel I diene zur Erläuterung des Gesagten.

Tafel I.

$(a = 0, \; r = b \cos^n \varphi)$

n	$\mathfrak{A}$	$\mathfrak{A} \cdot (\frac{4}{3}\pi)^{2/3}$
0,1	0,982192	2,55224
0,2	1,004736	2,61083
0,3	1,017711	2,64454
0,4	1,024152	2,66128
0,5	1,025986	2,66604
0,6	1,024505	2,66219
0,7	1,020661	2,65221
0,8	1,014930	2,63732
0,9	1,007946	2,61917
1	1	2,59852
$^3/_9$	1,020472	2,66172
$^4/_9$	1,025448	2,66464
$^5/_9$	1,025262	2,66417
$^6/_9$	1,022130	2,65603
$^7/_9$	1,016319	2,64093

Die Kurven mit der Gleichung (1), in der a nicht gleich Null ist, kann man als Konchoiden der Kurven $r = b \cos^n \varphi$ ansehen. Die Anziehung $\mathfrak{A}$ in Formel (2a) hängt von den beiden Zahlen $a/b = x$ und n ab. Sieht man n als eine gegebene Constante an, so kann x derart bestimmt werden, dass $\mathfrak{A}$ für den gegebenen Werth von n ein Maximum erreicht. Durch Differentiation von (2a) nach x erhält man zur Bestimmung des Maximums die Gleichung

(4) $$x^2 - \frac{2(n-1)}{2n+1} x - \frac{(2n-1)\,(n+1)}{(2n+1)\,(3n+1)} = 0.$$

Das Maximum für $\mathfrak{A}$ folgt also aus:

$$x = \frac{1}{2n+1}\left[n - 1 + n\sqrt{\frac{7n-1}{3n+1}}\right].$$

Die folgende Tafel II giebt die zusammengehörigen Werthe von n, x und der Maximalattraction $\mathfrak{A}$. Weil x für n unter 0,5 negativ wird und dann das betrachtete Körpersegment zwischen den Grenzen 0 und $\frac{1}{2}\pi$ von φ kein einfaches mehr ist, so sind nur Werthe von n über 0,5 berechnet worden.

In der Ragnoli'schen Tabelle hat die Anziehung des zweiten Körpers, d. h. desjenigen, der unmittelbar nach dem Körper grösster Anziehung folgt, nämlich des Kugelsegmentes auf den Mittelpunkt der Basis, die Maasszahl 2,65603. Die

Zahlen in Tafel I und II zeigen, dass man beliebig viele Körper mit grösserer Anziehung aufstellen kann.

Tafel II.

n	x	$\mathfrak{A}$	$\mathfrak{A}\,.\,(\frac{4}{3}\pi)^{2/3}$
0,5	0	1,025986	2,66604
0,6	0,109740	1,025885	2,66578
0,7	0,202143	1,025597	2,66503
0,8	0,280972	1,025150	2,66387
0,9	0,348985	1,024571	2,66237
1	0,408248	1,023888	2,66059
2	0,745108	1,014725	2,63677
3	0,891806	1,005732	2,61341
4	0,973846	0,998311	2,59413
$^5/_9$	0,063377	1,025954	2,66596
$^6/_9$	0,173012	1,025709	2,66533
$^7/_9$	0,264474	1,025262	2,664165

Als weitere bemerkenswerthe Fälle setzen wir her:

1. $n = 1$, $a = b$ $(x = 1)$, also Kardioide: $\mathfrak{A} = 1{,}01370$; 2,59852. $\mathfrak{A} = 2{,}63412$. 2. $n = 0{,}5$, $\mathfrak{A} = 1$. Man bestimme x aus der cubischen Gleichung $x^3 - 0{,}16\,x^2 - 0{,}768\,x - 0{,}2048 = 0$; es folgt $x = 1{,}06336$. 3. $n = 3{,}75357$; $\mathfrak{A} = 1$.

Wenn man den Weg weiter verfolgt, auf dem die obigen Rotationskörper gefunden sind, so kann man nun auch zu denjenigen Rotationskörpern übergehen, deren Meridiankurven die Gleichung haben:

$$(6) \qquad r = a + b\cos^m\varphi + c\sin^n\varphi.$$

Beschränkt man auch hier die Rechnung auf solche Körpersegmente, welche durch Normalebenen zur Polaraxe im Pole begrenzt sind, so findet man ihre Anziehung A auf den Massenpunkt m im Pole:

$$(7) \qquad A = \pi\, m\, \mu\, k \left[a + \frac{2\,b}{m+2} + \frac{2\,c}{n+2}\right].$$

Setzt man ferner

$$(8) \quad \left\{ \begin{aligned} P = a^3 &+ \frac{b^3}{3\,m+1} + \frac{c^3}{3\,n+1} + \frac{3\,a^2 b}{m+1} + \frac{3\,a^2 c}{n+1} + \frac{3\,a\,b^2}{2\,m+1} \\ &+ \frac{3\,a\,c^2}{2\,n+1} + \frac{3\,b^2 c}{2\,m+n+1} + \frac{3\,b\,c^2}{m+2\,n+1} \\ &+ \frac{6\,a\,b\,c}{m+n+1}, \end{aligned} \right.$$

so ist das Volumen des betrachteten Segmentes (zwischen $\varphi = 0$ und $\varphi = \frac{1}{2}\pi$) $V = \frac{2}{3}\pi P$. Vergleicht man wieder die

Anziehung A mit derjenigen A_0 einer Kugel von gleicher Masse auf den Punkt m an ihrer Oberfläche, so ergiebt sich, falls $A / A_0 = \mathfrak{A}$ gesetzt wird:

$$(9) \qquad \mathfrak{A} = \tfrac{3}{4} \frac{a + \frac{2b}{m+2} + \frac{2c}{n+2}}{\sqrt[3]{\frac{1}{2} P}} .$$

Dieser Ausdruck ist eine Function von vier Zahlen, nämlich von den beiden Exponenten m und n, sowie von den beiden Verhältnissen a/b und a/c; sein Maximum kann also nach verschiedenen Gesichtspunkten untersucht werden. Ohne diese weitläufigen Untersuchungen anzustellen, will ich nur einige Zahlenbeispiele hersetzen. Für $a = 0$, $b = c$ folgt:

$$(9a) \qquad \mathfrak{A} = \tfrac{3}{2} \frac{\frac{1}{m+2} + \frac{1}{n+2}}{\sqrt[3]{\frac{1}{2}\left\{\frac{1}{3m+1} + \frac{1}{3n+1} + \frac{3}{2m+n+1} + \frac{3}{m+2n+1}\right\}}}$$

Tafel III.

m	n	$\mathfrak{A}$	$\mathfrak{A} \cdot (\frac{4}{3}\pi)^{2/3}$
$4/9$	$5/9$	1,0259844	2,6660395
$3/7$	$4/7$	1,025982	2,666033
0,4	0,6	1,025972	2,666008
$1/3$	$2/3$	1,025881	2,665769
0,3	0,7	1,025763	2,665468

Alle diese Zahlen stehen derjenigen für den Körper grösster Anziehung sehr nahe. Natürlich unterscheiden sich auch die zugehörigen Formen der Meridiancurven äusserst wenig von derjenigen für den Körper grösster Anziehung. Berechnet man z. B. bei der Curve $r_1 = \cos^{1/2} \varphi$ und bei der Curve $r_2 = b(\cos^{4/9} \varphi + \cos^{5/9} \varphi)$, welche als Meridiancurve einen Körper von gleichem Volumen erzeugt, wie die erstere, die Längen der Fahrstrahlen r für gleiche Polarwinkel φ, so findet man:

φ	r_1	r_2
0°	1	0,999505 = $2b$
10	0,992375	0,991884
20	0,969377	0,968903
30	0,930605	0,930174
40	0,875240	0,874902
50	0,801740	0,801585
60	0,707107	0,707281
70	0,584825	0,585574
80	0,416711	0,418476

Die folgende Tafel IV giebt Zahlenwerthe der Attraction für solche Rotationskörper mit der Meridiancurve (6), bei denen a nicht verschwindet.

Tafel IV.

a	b	c	m	n	$\mathfrak{A}$	$\mathfrak{A} \cdot (\frac{4}{3}\pi)^{2/3}$
0,5	1	1	1	2	1,009850	2,624114
0,6	1	1	1	2	1,013508	2,633618
1,0	1	1	1	2	1,019756	2,649854
1,1	1	1	1	2	1,020015	2,650527
1,2	1	1	1	2	1,019960	2,650385
1,5	2	1	1	2	1,021502	2,654392

Wie wiederholt bemerkt ist, so werden alle Körper, bei denen a nicht gleich Null ist, im Pole durch einen Kreis senkrecht zur Polaraxe begrenzt; der Radius desselben ist a. Das erste und interessanteste Beispiel dieser Art ist von Hrn. Sella entdeckt. Derselbe fand nach seinen Methoden sehr leicht, dass ein homogenes Kugelsegment von gegebener Masse, bei welchem der Radius der Basis zur Höhe das Verhältniss 1 : 3 besitzt, das Maximum der Anziehung auf den Mittelpunkt der Basis ausübt, und unter den bis dahin bekannten Körpern unmittelbar dem Körper grösster Anziehung in der Stärke der Attraction folge.

Abschnitt II.

Nachdem im Vorangehenden gezeigt ist, wie man mit grosser Leichtigkeit Körper finden kann, deren Anziehungen derjenigen des Körpers grösster Anziehung beliebig nahe gebracht werden können, sollen jetzt noch verschiedene andere homogene Körper behandelt werden, bei denen, gerade wie bei den in Abschnitt I untersuchten Körpern, die Frage nach dem Maximum der Anziehung beantwortet werden kann, ohne dass die durchzuführenden Rechnungen bedeutende rechnerische Schwierigkeiten darböten. Alle Körper sind homogene Rotationskörper um die x-Axe mit der Masse μ in der Kubikeinheit; der angezogene Massenpunkt m wird im Anfangspunkte oder Pole des Coordinatensystems, also auf der Rotationsaxe angenommen. Die Anziehung zwischen m und dem Rotationskörper werde, wie früher, mit A, diejenige einer Kugel von gleicher Masse auf den Punkt m an ihrer Oberfläche mit A_0 bezeichnet, das Verhältniss $A/A_0 = \mathfrak{A}$ gesetzt; das Volumen des Rotationskörpers sei V.

1. Segment einer Kugel, m im Mittelpunkte der Basis. Ist h die Höhe des Segmentes, ϱ der Radius der Basis, so bestimmt man leicht:

$$(1) \qquad \mathfrak{A} = \frac{(h^2 + 2h\varrho + 3\varrho^2)\,h^{2/3}}{(h+\varrho)^2 \sqrt[3]{h^2 + 3\varrho^2}} = \frac{(3x^2 + 2x + 1)}{(1+x)^2 \sqrt[3]{1 + 3x^2}},$$

wenn $\varrho/h = x$ gesetzt wird. Das Maximum von $\mathfrak{A}$ folgt aus dem Werthe für x, welcher der Gleichung genügt:

$$3x^3 - x^2 + 3x - 1 = (x^2 + 1)(3x - 1) = 0,$$

d. h. $x = 1/3$ (die SELLA'sche Lösung). Man findet dafür $\mathfrak{A} = 1{,}022\,130$.

Zur Bestimmung desjenigen Kugelsegmentes, bei welchem die Anziehung auf den Basismittelpunkt ebenso gross ist wie bei einer Kugel gleicher Masse auf einen Punkt der Oberfläche, setze man $\mathfrak{A} = 1$, so erhält man die Gleichung:

$$3x^6 + 18x^5 + 19x^4 + 12x^3 - 3x^2 - 6x - 3 = 0.$$

Die zwischen 0 und 1 liegende, für unsere Frage brauchbare Wurzel dieser Gleichung ist 0,630079. So lange also x zwischen 0 und 0,630079 liegt, ist $A > A_0$. Als Bruchtheil vom Radius a der Kugel ist der Abstand c der Basis des Kugelsegmentes $c = 0{,}4316397\,a$.

2. Segment einer Kugel, m im Mittelpunkte der zugehörigen Kugelhaube (auch bereits von Hrn. SELLA in Bezug auf das Maximum der Anziehung untersucht; $\varrho/h = x$):

$$(2) \qquad \mathfrak{A} = \frac{3h - 2h^2/\sqrt{\varrho^2 + h^2}}{\sqrt[3]{h(3\varrho^2 + h^2)}} = \frac{3 - 2/\sqrt{x^2+1}}{\sqrt[3]{3x^2 + 1}}.$$

Für das Maximum von $\mathfrak{A}$ findet man x aus der Gleichung

$$9x^4 + 2x^2 - 3 = 0,$$

nämlich

$$x^2 = \tfrac{1}{9}(-1 + 2\sqrt{7}), \quad a/h = \tfrac{1}{9}(4 + \sqrt{7}), \quad h/a = 4 - \sqrt{7}.$$

In diesem Falle ist

$$\mathfrak{A} = 1{,}007241, \qquad \mathfrak{A}\,.\,2{,}59852 = 2{,}617333.$$

Ferner wird

$$A = A_0, \qquad \mathfrak{A} = 1,$$

wenn

$$9x^6 - 129x^4 + 19x^2 + 93 = 0,$$

woraus

$$x^2 = 0{,}9615504\,, \quad x = 0{,}9805868\,, \quad a/h = 0{,}9807752\,,$$
$$h/a = 0{,}019601$$

folgt.

3. Kugelstück zwischen zwei vom Mittelpunkte gleich weit abstehenden Ebenen, m im Mittelpunkt der einen Grenzfläche. Ist c der Abstand jeder der beiden Ebenen vom Kugelmittelpunkte, ϱ der Radius der beiden Grenzkreise, so berechnet man:

$$(3)\quad \begin{cases} \mathfrak{A} = \dfrac{1}{2}\,\dfrac{6\,c^3 - (2\,c^2 - \varrho^2)\sqrt{4\,c^2 + \varrho^2} - \varrho^3}{c^2\sqrt[3]{\frac{1}{2}\,c\,(3\,\varrho^2 + 2\,c^2)}} \\[2ex] \quad = \dfrac{\sqrt[3]{2}}{2}\cdot\dfrac{6 - (2 - x^2)\sqrt{x^2 + 4} - x^3}{\sqrt[3]{3\,x^2 + 2}}\,, \end{cases}$$

wenn $\varrho/c = x$ gesetzt wird. Falls $\mathfrak{A}$ das Maximum erreicht, so ist

$$42\,x^5 - 105\,x^4 + 204\,x^3 - 208\,x^2 + 144\,x - 52 = 0.$$

Die zwischen 0 und 1 liegende Wurzel dieser Gleichung, welche dem Maximum entspricht, ist $x = 0{,}721552$, der Maximalwerth von $\mathfrak{A}$ also:

$$\mathfrak{A} = 1{,}022\,552\,; \quad \mathfrak{A}\,.\,(\tfrac{4}{3}\,\pi)^{2/3} = 2{,}65\,712\,,$$

also grösser als im Beispiele 1 des Kugelsegmentes.

4. Das grössere Segment eines verlängerten Rotationsellipsoids, abgetrennt durch eine Normalebene zur Rotationsaxe in dem einen Brennpunkte; der angezogene Massenpunkt m liegt in diesem Brennpunkte. Ist die Gleichung der Meridianellipse, bezogen auf denselben Brennpunkt als Pol, die Hauptaxe als Axe:

$$r = \frac{p}{1 - \varepsilon\cos\varphi}\,,$$

so bestimmt man:

$$A = 2\,\pi\,m\,\mu\,k\,p\left\{-\frac{1}{\varepsilon} - \frac{1}{\varepsilon^2}\,l(1 - \varepsilon)\right\},$$

$$V = \frac{\pi\,p^3\,(2 - \varepsilon)}{3\,(1 - \varepsilon)^2}\,,$$

$$(4)\qquad \mathfrak{A} = \frac{3}{\sqrt[3]{2}}\left\{-\frac{1}{\varepsilon} - \frac{1}{\varepsilon^2}\,l(1 - \varepsilon)\right\}\sqrt[3]{\frac{(1 - \varepsilon)^2}{2 - \varepsilon}}\,.$$

Differentiirt man diesen Ausdruck nach ε und setzt den Differentialquotienten gleich Null, so erhält man die transcendente Gleichung für ε:

$$l(1-\varepsilon)+\frac{\varepsilon(2\,\varepsilon^2-9\,\varepsilon+12)}{5\,\varepsilon^2-15\,\varepsilon+12}=0.$$

Durch Näherungsmethoden ergiebt sich $\varepsilon=0{,}582393$, und aus diesem Werthe findet sich nach (4) das Maximum von $\mathfrak{A}=1{,}015388$; $\mathfrak{A}\,.\,(\tfrac{4}{3}\,\pi)^{2/3}=2{,}63852$. Endlich wird $\mathfrak{A}=1$ für $\varepsilon=0{,}373275$ und $\varepsilon=0{,}72463$.

5. Stück des verlängerten Rotationsellipsoids zwischen zwei Ebenen senkrecht zur Rotationsaxe in den beiden Brennpunkten; m liegt in dem einen Brennpunkte. Mit Benutzung der Bezeichnungen der vorigen Nummer findet man (a = grosse Halbaxe der Ellipse):

$$A=4\,\pi\,m\,\mu\,k\,a\left\{\varepsilon-1+\frac{1-\varepsilon^2}{2\,\varepsilon}\,l\,\frac{1+\varepsilon^2}{1-\varepsilon^2}\right\},$$

$$V=\tfrac{2}{3}\,\pi\,\varepsilon\,(1-\varepsilon^2)\,(3-\varepsilon^2)\,a^3,$$

(5) $$\mathfrak{A}=\frac{3\left\{\varepsilon-1+\dfrac{1-\varepsilon^2}{2\,\varepsilon}\,l\,\dfrac{1+\varepsilon^3}{1-\varepsilon^2}\right\}}{\sqrt[3]{\tfrac{1}{2}\,\varepsilon\,(1-\varepsilon^2)\,(3-\varepsilon^2)}}.$$

Zur Bestimmung des Maximums von $\mathfrak{A}$ dient die Gleichung:

$$\frac{48}{1+\varepsilon^2}-27+6\,\varepsilon-6\,\varepsilon^2+5\,\varepsilon^4-2\,\varepsilon^5$$
$$=\frac{1}{2}\left\{\frac{21}{\varepsilon^2}-39+23\,\varepsilon^2-5\,\varepsilon^4\right\}\,l\,\frac{1+\varepsilon^2}{1-\varepsilon^2}.$$

Durch Näherungsverfahren gelöst, ergiebt dieselbe $\varepsilon=0{,}632533$, und hieraus folgt als grösster Werth von $\mathfrak{A}$ die Zahl 1,017262, $\mathfrak{A}\,.\,(\tfrac{4}{3}\,\pi)^{2/3}=2{,}643373$. Derselbe Werth der Anziehung in den ersten sieben Stellen berechnet sich auch für den in der Nähe der Wurzel liegenden Werth $\varepsilon^2=0{,}4$ ($\varepsilon=0{,}632456$).

6. Rotationskörper der logarithmischen Spirale $r=a\,e^{-\alpha\varphi}$ für den Theil der Curve zwischen $\varphi=0$ und $\varphi=\tfrac{1}{2}\,\pi$; m im Pole. Man findet der Reihe nach:

$$A = 2\pi m \mu k a \frac{1 + e^{-1/2 \alpha \pi}}{\alpha^2 + 4},$$

$$V = \tfrac{2}{3} \pi a^3 \frac{1 - 3\alpha e^{-3/2 \alpha \pi}}{1 + 9\alpha^2},$$

(6) $$\mathfrak{A} = \tfrac{3}{2} \frac{1 + e^{-1/2 \alpha \pi}}{\alpha^2 + 4} \sqrt[3]{\frac{2(9\alpha^2 + 1)}{1 - 3\alpha e^{-3/2 \alpha \pi}}}.$$

Das Maximum dieses Ausdrucks im ungefähren Betrage von 1,012466 ($\mathfrak{A} . (\tfrac{4}{3}\pi)^{2/3} = 2{,}63192$) liegt etwa bei $\alpha = 0{,}64$.

7. Rotationskörper der Spirale $r = a - b\varphi$ für den Bogen zwischen 0 und $\frac{1}{2}\pi$; Anziehung auf m im Pole. Man findet:

$$A = \pi m \mu k (a - \tfrac{1}{4} b \pi),$$

$$V = \tfrac{2}{3}\pi \{a^3 - 3a^2 b + 3ab^2(\pi - 2) - 3b^3(\tfrac{1}{4}\pi^2 - 2)\},$$

endlich für $a/b = x$:

(7) $$\mathfrak{A} = \tfrac{3}{4} \frac{x - \frac{1}{4}\pi}{\sqrt[3]{\frac{1}{2}\{x^3 - 3x^2 + 3x(\pi - 2) - 3(\frac{1}{4}\pi^2 - 2)\}}}.$$

Zur Bestimmung des Maximums einer Function von der Form

$$\frac{(x - \alpha)^3}{x^3 - px^2 + qx - r}$$

hat man die quadratische Gleichung zu lösen:

$$x^2(3\alpha - p) - 2x(p\alpha - q) + q\alpha - 3r = 0.$$

Von den beiden hiernach sich ergebenden Wurzeln ist nur diejenige brauchbar, für welche $r = b(x - \varphi)$ positiv bleibt für $\varphi = \frac{1}{2}\pi$, welche also grösser als $\frac{1}{2}\pi$ ist. Dieser Bedingung entspricht $x = 2{,}291399$. Hieraus folgt nach (7) der Maximalwerth:

$$\mathfrak{A} = 1{,}018870, \qquad \mathfrak{A} . (\tfrac{4}{3}\pi)^{2/3} = 2{,}64755.$$

8. Rotationskörper der Fusspunktencurve der Ellipse (für den Mittelpunkt als Pol) um die grosse Axe, Segment desselben durch eine Normalebene zur Axe im Mittelpunkt (also halber Körper); Anziehung auf m im Mittelpunkte. Die Gleichung der Curve in Polarcoordinaten ist

$$r^2 = a^2 \cos^2 \varphi + b^2 \sin^2 \varphi.$$

Setzt man, wie üblich, $\varepsilon = \sqrt{a^2 - b^2}/a$ und $\alpha = b/a$, so dass $\alpha^2 + \varepsilon^2 = 1$ ist, $\alpha = \sqrt{1 - \varepsilon^2}$, so wird:

$$A = \tfrac{2}{3}\pi m \mu k \frac{a^2 + ab + b^2}{a + b},$$

$$V = \tfrac{1}{2}\pi a^3 \left\{ \tfrac{1}{3} + \tfrac{1}{2}\alpha^2 + \tfrac{1}{4}\frac{\alpha^4}{\varepsilon}\, l \frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon} \right\},$$

(8) $$\mathfrak{A} = \frac{1 + \alpha + \alpha^2}{(1+\alpha)\sqrt[3]{1 + \tfrac{3}{2}\alpha^2 + \tfrac{3}{4}\frac{\alpha^4}{\varepsilon}\, l \frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}}}.$$

Für das Maximum von $\mathfrak{A}$ gilt die Gleichung:

$$\frac{2(2 - 2\alpha + \alpha^2 + 5\alpha^3)}{\alpha^2(4 + 8\alpha - \alpha^2 - 5\alpha^3)} = \frac{1}{\varepsilon}\, l \frac{1+\varepsilon}{1-\varepsilon}.$$

Durch Annäherungsmethoden erhält man als Wurzel

$$\alpha = 0{,}3773774\,,$$

und demnach bestimmt sich der grösste Werth von $\mathfrak{A}$ aus (8):

$$\mathfrak{A} = 1{,}019654; \qquad \mathfrak{A}\,.\,(\tfrac{4}{3}\pi)^{2/3} = 2{,}64959.$$

9. **Rotationskörper der Fusspunktencurve der Hyperbel** (für den Mittelpunkt als Pol) um die reelle Axe:

$$r^2 = a^2\cos^2\varphi - b^2\sin^2\varphi.$$

Die Curven haben den Lemniscatentypus; Anziehung des Rotationskörpers der einen Schleife auf den Massenpunkt m im Mittelpunkte. Man setze $\sqrt{a^2 + b^2}/a = \varepsilon$, so folgt:

$$A = \tfrac{2}{3}\pi m \mu k \frac{a^3}{a^2 + b^2},$$

$$V = \tfrac{1}{6}\pi a^3 \left\{ 1 - \tfrac{3}{2}(\varepsilon^2 - 1) + \tfrac{3}{4}\frac{(\varepsilon^2-1)^2}{\varepsilon}\, l \frac{\varepsilon+1}{\varepsilon-1} \right\},$$

(9) $$\mathfrak{A} = \frac{1}{\varepsilon^2\sqrt[3]{1 - \tfrac{3}{2}(\varepsilon^2 - 1) + \tfrac{3}{4}\frac{(\varepsilon^2-1)^2}{\varepsilon}\, l \frac{\varepsilon+1}{\varepsilon-1}}}.$$

Diese Function von ε nimmt von $\varepsilon = 1$ (Kugel) an, wo $\mathfrak{A} = 1$ ist, beständig ab. Für $\varepsilon^2 = 2$ (gleichseitige Hyperbel, die Fusspunktencurve ist eine Bernoulli'sche Lemniscate) wird z. B. $\mathfrak{A} = 0{,}659975$; $\mathfrak{A}\,.\,(\tfrac{4}{3}\pi)^{2/3} = 1{,}714957$. Dieser Körper ist also eigentlich nicht zu den Körpern mit einem Maximum der Anziehung zu rechnen, wie dies Hr. Ragnoli in seiner oben erwähnten Schrift gethan hat.

Anhang.

1. Zum Schlusse möge es gestattet sein, auf einige anders geartete Aufgaben hinzuweisen, deren Lösungen sich dazu eignen, die Einsicht in das Wirken der Anziehungen nach dem NEWTON'schen Gravitationsgesetze zu fördern. Es ist bekannt, dass eine homogene Kugel einen Punkt in ihrem Inneren schwächer anzieht als an ihrer Oberfläche, dass also das Maximum ihrer Anziehung überhaupt an ihrer Oberfläche stattfindet. Schneidet man nun aber von ihr durch eine Ebene ein kleines Segment ab, so kann die Anziehung des übrig bleibenden grösseren Segmentes auf den Mittelpunkt des Grenzkreises grösser sein, als die der Vollkugel auf einen Punkt ihrer Oberfläche. Ist nämlich h die Höhe des anziehenden Kugelsegmentes, ϱ der Radius des Grenzkreises, so wird die Anziehung

$$A = \frac{2}{3}\pi m \mu k \frac{(h^2 + 2h\varrho + \varrho^2)h}{(h+\varrho)^2}.$$

Vergleicht man diese Anziehung mit derjenigen $A^{(0)}$ der Vollkugel vom Radius a:

$$A^{(0)} = \frac{4}{3}\pi m \mu k a = \frac{4}{3}\pi m \mu k \frac{h^2 + \varrho^2}{2h},$$

so kommt für $\varrho/h = x$:

$$(1) \qquad \frac{A}{A^{(0)}} = \frac{(1 + 2x + 3x^2)}{(1+x)^2(1+x^2)},$$

ein Ausdruck, für dessen Maximum die Gleichung gilt:

$$x^3 + x^2 + x - \frac{1}{3} = 0.$$

Die brauchbare Wurzel derselben ist $x = 0{,}253077$, und aus ihr folgt nach (1):

$$\frac{A}{A^{(0)}} = 1{,}016468.$$

Setzt man $A = A^{(0)}$, so folgt aus (1) derjenige Werth von x (ausser $x = 0$), für den das Restsegment den Punkt m im Mittelpunkt des Grenzkreises ebenso stark anzieht, wie die Vollkugel an ihrer Oberfläche. Dies findet statt für $x = -1 + \sqrt{2} = 0{,}41421356$, $h/a = 1 + \frac{1}{2}\sqrt{2}$.

2. Als zweites Beispiel gleicher Art diene derjenige Körper, welcher von einer gegebenen Kugel nach Abtrennung zweier



gleichen Segmente durch zwei parallele Ebenen übrig bleibt (vgl. Abschnitt II, Nr. 3). Ist c der Abstand der beiden Grenzkreise vom Mittelpunkte der Kugel, ϱ der Radius dieser Grenzkreise, so ist die Anziehung des betrachteten Restkörpers auf den Punkt m im Mittelpunkte der einen Grenzfläche:

$$A = \frac{2}{3c^2} m \mu \pi k \{6c^3 - (2c^2 - \varrho^2)\sqrt{4c^2 + \varrho^2} - \varrho^3\},$$

$$A^{(0)} = \tfrac{4}{3} m \mu \pi k a;$$

also, da $\varrho^2 = a^2 - c^2$:

$$\frac{A}{A^{(0)}} = \frac{1}{2ac^2}\{6c^3 - (3c^2 - a^2)\sqrt{a^2 + 3c^2} - (a^2 - c^2)^{3/2}\},$$

oder für $c/a = x$:

$$(2) \qquad \frac{A}{A^{(0)}} = \frac{1}{2x^2}\{6x^3 - (3x^2 - 1)\sqrt{3x^2 + 1} - (1 - x^2)^{3/2}\}.$$

Dem Maximalwerthe dieses Ausdruckes entspricht die Gleichung für x:

$$117x^{10} + 213x^8 + 76x^6 - 129x^4 - 72x^2 - 36 = 0,$$

woraus $x = 0{,}9057185$ folgt. In (2) eingesetzt, liefert dieser Werth:

$$\frac{A}{A^{(0)}} = 1{,}014140.$$

Setzt man $A = A^{(0)}$, so stösst man auf die Gleichung:

$$13x^6 - 4x^5 + 5x^4 - 16x^3 + 3x^2 + 4x - 1 = 0.$$

Von den drei Wurzeln dieser Gleichung zwischen 0 und 1 entspricht nur $x = 0{,}7856225$ der gestellten Frage. Die beiden anderen (in der Nähe von 0,257 und 0,583) gehören zu den entgegengesetzten Vorzeichen der Quadratwurzel in (2).

In ähnlicher Weise könnte man bei der Anziehung eines homogenen Kreiskegels verfahren, indem durch Parallelschnitte zur Basis an der Spitze kleine Kegel abgetrennt werden und der angezogene Punkt in den Mittelpunkt der Schnittfläche gesetzt wird. Wegen der Weitläufigkeit der hier sich einstellenden Rechnungen ist die Behandlung dieser Frage nicht durchgeführt worden.

Endlich möge noch eine letzte Classe von Maximalaufgaben erwähnt werden, welche sich den bekannten Maximalaufgaben anreihen lassen, nämlich gegebenen Körpern andere

einzubeschreiben, welche auf gewisse bestimmte Punkte ein Maximum der Anziehung ausüben. Folgendes Beispiel diene zur Erläuterung.

3. Einer Kugel denjenigen Cylinder einzubeschreiben, der auf den Mittelpunkt seiner Basis die grösste Anziehung ausübt. Ist h die Höhe des Cylinders, r der Radius seiner Basis, so hat man:

$$A = 2\pi m \mu k \ (h + r - \sqrt{h^2 + r^2}).$$

Wenn wieder $A^{(0)} = \frac{4}{3} m \mu \pi k a$ ist, wo a den gegebenen Kugelradius bedeutet, wenn weiter $h = 2a \sin x$, $r = a \cos x$ gesetzt wird, so folgt:

$$\frac{A}{A^{(0)}} = \frac{3}{2} (2 \sin x + \cos x - \sqrt{1 + 3 \sin^2 x}). \tag{3}$$

Im Falle des Maximums dieser Function ist für $\sin x = z$:

$$9z^8 - 3z^6 - 5z^4 - z^2 + 1 = 0.$$

Von den beiden Wurzeln dieser Gleichung zwischen 0 und 1, nämlich $z_1^2 = 0{,}36078$ und $z_2^2 = 0{,}92319$ liefert die erstere das gesuchte Maximum, nämlich:

$$\frac{A}{A^{(0)}} = 0{,}8367,$$

ein Werth, der auch angenähert aus $\sin x = 0{,}6$, $\cos x = 0{,}8$, d. h. $h = \frac{6}{5} a$, $r = \frac{4}{5} a$, $h : 2r = 3 : 4$ folgt.

4. Einfacher gestaltet sich die Lösung der Aufgabe, einer gegebenen Kugel den Kreiskegel von grösster Anziehung auf die Spitze einzubeschreiben. Bezeichnet α den Winkel zwischen der Seite des Kegels und der Basis, so wird

$$A = 2\pi m \mu k \varrho \operatorname{tg} \alpha (1 - \sin \alpha),$$

wo $\varrho = a \sin 2\alpha$, also:

$$A = 4\pi m \mu k a \sin^2 \alpha \ (1 - \sin \alpha). \tag{4}$$

A wird zum Maximum für $\sin \alpha = \frac{2}{3}$, und hieraus ergiebt sich sofort

$$\frac{A}{A^{(0)}} = \frac{4}{9}.$$

Fluorescenzerregung durch Uranstrahlen;
von P. Spies.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 23. October 1896.)

(Vgl. oben p. 83).

Die von gewissen Uranverbindungen und in noch höherem Grade von metallischem Uran ausgehenden Strahlen erregen eine sichtbare Fluorescenz nicht; es ist dies vermuthlich die Folge ihrer geringen Intensität. Man kann aber die Fluorescenzerregung photographisch nachweisen, indem man auf gepulverten Flussspath ein Stück Bromsilberpapier mit der Schicht nach unten und auf dieses eine Quantität Uran legt. Beschränkt man den Flussspath auf die Hälfte des ganzen Feldes, so tritt hier beim Entwickeln eine viel intensivere Schwärzung auf als an den Stellen, welche nicht mit dem Flussspath in Berührung waren. Dadurch, dass man zwischen Uran und photographisches Papier eine kleine Bleiplatte legt, welche den Flussspath an einzelnen Stellen vor den Uranstrahlen schützt, lässt sich zeigen, dass die Wirkung des Flussspaths nicht etwa auf einer Aufspeichernng von Energie von früheren Belichtungen etc. beruht. — Der beschriebene Versuch entspricht durchaus demjenigen, welchen zu Beginn dieses Jahres die Hrn. Winkelmann und Straubel zum Zwecke der Verstärkung der photographischen Wirkung Röntgen'scher Strahlen angestellt haben. Auch bei den Uranstrahlen kommt man zu dem analogen praktischen Ergebniss, ausserdem aber zum Nachweise jener hier nicht unmittelbar erkennbaren Wirkung.

Ueber störungsfreie magnetometrische Schemata; von H. du Bois.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 23. October 1896.)
(Vgl. oben p. 83.)

Gelegentlich der vorjährigen Discussion[1]) über die Störung physikalischer Laboratorien durch äussere Ursachen, insbesondere durch Erdströme, wurde von verschiedenen Seiten, u. A. auch von mir, darauf hingewiesen, dass namentlich magnetometrische Arbeiten mehr als alle anderen dadurch beeinträchtigt würden. Denn wenn es auch heute schon gelungen ist, Galvanometer in mehr oder weniger vollkommener Weise störungsfrei einzurichten, so erscheint das bei Magnetometern deshalb auf den ersten Blick ausgeschlossen, weil ihre Ablenkungen eben jene Fernwirkungen messen sollen, durch welche auch die Störungen sich hindernd kundgeben. Diese principielle Schwierigkeit zu umgehen, scheint auch heute noch ebenso aussichtslos; für diejenigen Institute, in denen genaue Beobachtungen nach den bekannten magnetometrischen Methoden jederzeit ausführbar sein sollen, sind nach wie vor Störungen überhaupt unzulässig. Das Ansinnen, jene geradezu klassischen Methoden in kürzester Frist neuen Bedingungen anzupassen, kann niemand ernst nehmen, der die Entwickelung experimenteller Methodik in ähnlichen Fällen aufmerksam verfolgt hat.

Durch die vorliegende Mittheilung gestatte ich mir indessen auf einen möglichen Weg hinzuweisen, welcher vielleicht dort mit Vortheil zu betreten wäre, wo vorhandene unvermeidliche Störungen als gegeben zu betrachten sind. Es scheint mir in solchen Fällen die Anwendung unserer bisher unersetzlichen magnetometrischen Verfahren nicht ausgeschlossen, wenn auch nur mit geringerer Genauigkeit und grösserer Umständlichkeit durchführbar. Ich begnüge mich vor der Hand mit einer rein schematischen Beschreibung theoretisch störungsfreie Anordnungen; ein Urtheil über die praktische Brauch-

1) Vgl. Electrotechn. Ztschr. 16. pp. 417, 443. 1895.



barkeit derartiger Vorschläge lässt sich bekanntlich erst nach mehrjähriger Erfahrung gewinnen.

Die beiden Arten der Fernwirkung, die zu messende und die störende, unterscheiden sich in einer Beziehung. Erstere ist von Punkt zu Punkt veränderlich und für Punkte in besonderer Lage mehr oder weniger einfach zu berechnen; letztere ist zwar zeitlichen Aenderungen sehr unterworfen, dürfte aber in der Regel innerhalb eines gewissen Raumbereichs durch eine „gleichförmige“ Horizontalcomponente darstellbar sein; genauere Erfahrungen über die Ausdehnung jenes Be-

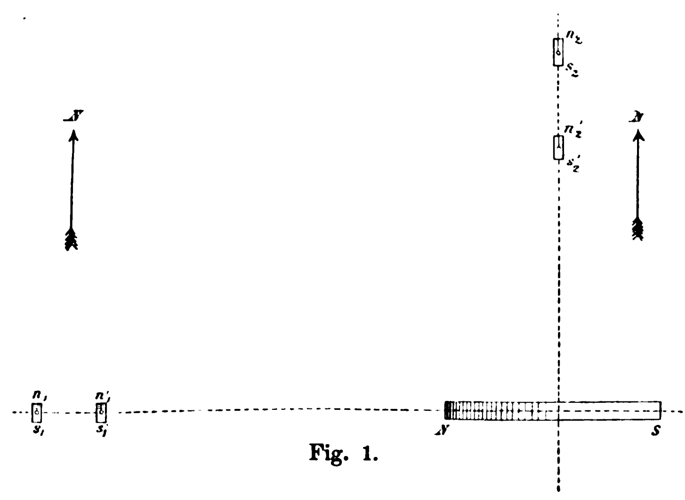


Fig. 1.

reichs bei verschiedenartigen Störungen fehlen zur Zeit. Hieraus ergiebt sich die Möglichkeit einer Differenzirung der beiden Fernwirkungen. Darauf beruht beispielsweise schon die Benutzung eines Hilfsmagnetometers an einer Stelle, wo die zu messende Fernwirkung Null ist; es fungirt dann als Störungsdeclinometer und seine Angaben werden direct zur Correction derjenigen des eigentlichen Messmagnetometers verwerthet. Denkbar ist ferner die Anwendung zweier Magnetometer in verschiedenen Abständen vom Versuchsmagnet NS, und zwar in erster Gauss'scher Hauptlage $n_1 s_1$ und $n_1' s_1'$ bezw. in zweiter $n_2 s_2$ und $n_2' s_2'$.[1]) Wenn die Störung an beiden Stellen

1) Beim mündlichen Vortrage waren die beiden Magnetometer leider durch ein Versehen an verschiedenen Seiten des Versuchsmagnets skizzirt.

gleich und gleichgerichtet ist, so ist die Differenz der Ablenkungen, ebenso wie diese selbst, proportional dem magnetischen Moment von NS. Sie könnte durch geeignete mechanische oder optische Anordnung auch direct zur Ablesung gelangen, vorausgesetzt, dass auch unter dem Einfluss rasch variirender Störungen die Bewegung beider Magnetsysteme vollkommen identisch wäre; hierzu müssten sie genau gleich construirt sein. Der zeitliche Verlauf der vorkommenden Störungen — über den bisher nähere Angaben kaum vorliegen — ist überhaupt bei der Discussion jeder Art Schutzmaassregeln ebenso zu berücksichtigen wie ihre Stationärwerthe.

Denken wir uns jetzt in Fig. 1 zwei gleichstarke Magnete $n_2 s_2$ und $n_2' s_2'$ senkrecht zur nunmehr vertical gedachten Bildebene, indessen entgegengesetzt gerichtet und starr verbunden. Wir haben dann ein über — oder auch unter — der Mitte des Versuchsmagnets aufgehängtes ideal-astatisches System, dessen Drehung bei Benutzung irgend einer constanten Richtkraft ohne Weiteres die oben erwähnte Differenz darstellt. Die bisher genannten Combinationen sind mehr als theoretische Beispiele der Anwendung des oben ausgesprochenen Grundgedankens aufzufassen; ihrer praktischen Verwirklichung steht eine Reihe von Bedenken entgegen, welche bei der schliesslich zu beschreibenden Anordnung leichter zu überwinden sein dürften.

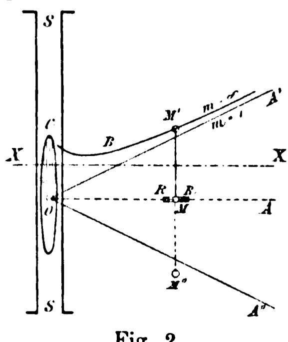


Fig. 2.

Diese fusst auf der sogenannten „unipolaren" Magnetometermethode, welche bekanntlich bei verticaler Lage des Versuchsmagnets benutzt wird. Unter Voraussetzung einer ellipsoidischen Gestalt desselben — wie sie ja aus anderen Gründen entschieden den Vorzug verdient — hat Hr. Nagaoka auf meine Veranlassung diesen Fall kürzlich mathematisch und experimentell näher untersucht.[1]) Von seinen Resultaten sei hier nur erwähnt, dass der geometrische Ort der Punkte maximaler meridionaler Horizontalcomponente (Fig. 2) eine

1) Nagaoka, Wied. Ann. 57. p. 279. 1896.

Curve CB ist, welche die Gerade OA' zur Asymptote hat. Letztere geht durch das Centrum O des Rotationsellipsoids und ist zur Aequatorialebene um den Winkel $\pm 26^0\ 33'\ 54''$ ($=$ arctg $^1/_2$) geneigt. Das senkrecht zur Bildebene irgendwie gerichtete ideal-astatische System $M'M$ werde nun so aufgehängt, dass M' im Punkte maximaler Ablenkung auf der Curve CB, dagegen M in der Aequatorialebene liegt, wo eine Horizontalcomponente überhaupt nicht existirt.

Die Curve CB gilt streng genommen für ein gestrecktes Ovoid vom Dimensionsverhältniss $m = \infty$, jedoch bleibt sie fast unverändert, solange das Ovoid nicht all zu kurz wird (etwa $m > 10$ bleibt); für eine Kugel geht sie in ihre Asymptote über. Da letztere eine constante Neigung hat, ganz unabhängig von der Axenlänge des Ovoids, ist die Höhe des Punktes M' und damit die Länge des astatischen Systems bei nicht zu geringen Entfernungen von der Axenlänge auch nur wenig abhängig, dagegen nahe proportional der Entfernung OM.

Die Horizontalcomponente in M' lässt sich als Function der Magnetisirung des Ovoids durch einen geschlossenen, freilich etwas complicirten Ausdruck darstellen; deswegen und wegen der Schwierigkeit, die Directionskraft zu bestimmen, wäre die Auswerthung der ganzen Anordnung mittels eines Versuchskörpers von bekanntem magnetischen Moment wohl vorzuziehen. Bei kreiscylindrischen Versuchsmagneten walten, wie Hr. Nagaoka gezeigt hat, ähnliche Verhältnisse ob, welche aber einer strengen Rechnung unzugänglich sind.

Handelt es sich nicht um permanente Magnete, sondern um temporär zu magnetisirende Versuchskörper, so wäre die Spule SS am besten symmetrisch zur horizontalen Halbirungsebene XX des astatischen Systems aufzustellen (Fig. 2); dabei aber so lang zu wählen, dass ihr Feld im Bereiche des Versuchskörpers genügend gleichförmig bleibe. Ihre Wirkung auf das astatische System ist dann möglichst gering und durch eine kleine verticale Hülfsspule compensirbar, was sehr wesentlich in Betracht kommt.

Ideal-astatische Systeme, deren Theile genau entgegengesetzt gleiche Momente haben, existiren bekanntlich nicht, bezw. ist die Wahrscheinlichkeit der zeitlichen Constanz jenes

Idealzustandes eine sehr geringe. Im vorliegenden Falle wäre indessen die von Hrn. RUBENS und mir bei Galvanometern benutzte Astasirungsmethode anwendbar; indem um das untere — etwas stärker magnetisirte — Theilsystem M ein kleiner flacher Eisenring RR vertical verschiebbar anzubringen wäre. Mittels dessen Höhenjustirung lässt sich dann das äussere — normale oder störende — Feld gerade soviel abschwächen, dass sein Product in das Moment von M gleich demjenigen von M' in das ungeschwächte Feld wird. Da der Ring sich an einer Stelle verticaler Wirkung des Versuchskörpers befindet, welche ihn bei seiner vorausgesetzten Flachheit[1]) nur schwach magnetisiren würde, dürfte eine von ihm herrührende Horizontalcomponente in M' nicht zu befürchten sein.

Aus diesem Grunde wäre es kaum rathsam, das untere Theilsystem mit seinem Schutzring nach M'' zu verlegen, d. h. in einen anderen Punkt maximaler — derjenigen in M' entgegengerichteter — Horizontalcomponente, wodurch cet. par. die Ablenkung verdoppelt würde und es der beiden Maxima halber nicht auf genaue Höheneinstellung des Systems ankäme; übrigens müsste auch die Länge des Systems alsdann verdoppelt werden. Im übrigen wären die Theilsysteme möglichst klein zu wählen, damit das resultirende Feld in ihrem Bereiche merklich gleichförmig wäre; daraus folgt die Nothwendigkeit einer Luftdämpfung. Bei Benutzung einer Spule ist ferner ein möglichst symmetrischer und starrer Aufbau und die Vermeidung variirender, sowie allzu starker Ströme mit grosser Temperaturerhöhung im Interesse einer genauen und unveränderlichen Justirung der Compensation erforderlich.[2])

---

1) Man könnte den kleinen Ring auch aus gestanztem Transformatorblech aufbauen, wodurch zugleich der Möglichkeit verzögernder Wirbelströme bei rasch variirender Störung vorgebeugt würde. Die genaue Parallelität der beiden Theilsysteme ist wesentlich eine Frage sorgfältiger Justirung, wie sie freilich meist unterlassen wird.

2) Vgl. hierzu G. Roessler, Magnetisirung des Eisens etc., Dissertation, Zürich 1892.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 15. **Nr. 5.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 6. November 1896.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Hr. **H. Rubens** sprach

über das ultrarothe Absorptionsspectrum von Steinsalz und Sylvin.

Hr. E. WARBURG legte eine Abhandlung der Herren **G. Meyer** und **K. Klein** vor

über die Depolarisation von Platin- und Quecksilberelectroden.

Ueber das ultrarothe Absorptionsspectrum von Steinsalz und Sylvin; von H. Rubens.

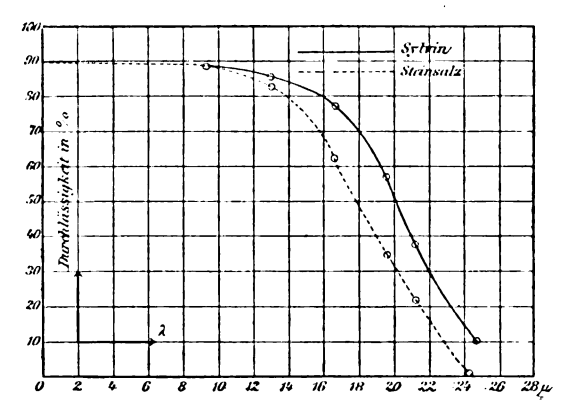
(Vorgetragen am 6. November 1896.)
(Vgl. oben p. 107.)

Die Thatsache, dass Steinsalz und Sylvin für gewisse Arten von Wärmestrahlen starke Absorption besitzen, ist zuerst von GUSTAV MAGNUS experimentell festgestellt worden, welcher zeigte, dass die von erwärmtem Steinsalz ausgesandten Strahlen von Steinsalz und Sylvin nur in geringem Betrage hindurchgelassen werden.

Eine genauere Untersuchung des Absorptionsspectrums dieser beiden Stoffe für Wärmestrahlen, deren Wellenlänge 10 μ übersteigt, habe ich in folgender Weise ausgeführt.

Vor dem Spalt eines Spiegelspectrometers befindet sich als Wärmequelle ein mit Eisenoxyd bedecktes Platinblech, welches von hinten durch eine Gebläseflamme zu heller Rothgluth erhitzt wird. Auf dem Tischchen des Spectrometers ist ein aus geschwärzten Silberdrähten gefertigtes Beugungsgitter aufgesetzt, und ein Linearbolometer gestattet die Beobachtung der Energie im Beugungsspectrum. Zwischen Lichtquelle und Spalt ist eine mit Russ bedeckte Chlorsilberplatte eingeschaltet, welche die Eigenschaft besitzt, nur die von der Lichtquelle ausgehenden langen Wellen hindurchzulassen. Das benutzte Beugungsgitter erzeugt infolge seiner eigenartigen Construction nur die Spectren mit ungerader Ordnungszahl, sodass nur die Spectren erster, dritter, fünfter Ordnung u. s. w. auftreten. Die Energiemessung im Gitterspectrum wird dadurch sehr erschwert, dass eine theilweise Uebereinanderlagerung der Spectra stattfindet, sodass man gleichzeitig mit der Wellenlänge λ des Spectrums erster Ordnung die Wellenlängen $\frac{1}{3}\lambda$, $\frac{1}{5}\lambda$ . . . der Spectren dritter, fünfter ... Ordnung auf das Bolometer fallen. Von dieser Verunreinigung des Spectrums erster Ordnung durch die darübergelagerten Spectra höherer Ordnung habe ich mich auf folgende Weise frei gemacht.

Die Absorption der Steinsalz- und Sylvinplatten wurde in der üblichen Weise dadurch beobachtet, dass an einer Anzahl von Stellen im Spectrum die Energie sowohl mit wie ohne Einschaltung dieser Steinsalz- bez. Sylvinplatte bolometrisch gemessen und das Verhältniss der Ausschläge gebildet wurde. Die Beobachtung des Bolometerausschlages wurde indessen nicht, wie gewöhnlich, durch Einschalten eines Metallschirmes in den Strahlengang, sondern durch Einführung einer Flussspathplatte in denselben bewirkt. Diese Flussspathplatte von nahezu 6 mm Dicke ist für die untersuchten Wärmestrahlen des Spectrums erster Ordnung von 10—21 μ Wellenlänge praktisch ein ebenso stark absorbirender Körper wie ein Metall-



schirm, dagegen lässt sie die von den Spectren höherer Ordnung herrührenden Wärmestrahlen, deren Wellenlänge durchweg unterhalb 7 μ liegt, bis auf einen von der Reflexion herrührenden Bruchtheil, welcher ungefähr 6 Proc. beträgt, ungeschwächt hindurch. Die Erwärmung des Bolometerwiderstandes bei Entfernung des Flussspathschirmes aus dem Strahlengang rührt somit fast ausschliesslich von den langen Wellen her, welche dem Spectrum erster Ordnung angehören. Berücksichtigt man ferner, dass bei dem hier angewendeten Gitter die Gesammtenergie der einzelnen Spectra wie das Quadrat ihrer Ordnungszahl abnimmt, dass dagegen die Dispersion innerhalb derselben der Ordnungszahl proportional zunimmt, so gelangt man zu dem Ergebniss, dass die Anwendung einer Flussspathplatte an Stelle des üblichen Metall-

schirmes die Wirkung der Spectra höherer Ordnung auf ein die Beobachtungen nicht mehr merklich beeinflussendes Maass herabsetzt.

Die Resultate der Beobachtungen sollen an anderer Stelle genauer wiedergegeben werden, während ich mich hier auf eine graphische Darstellung der Ergebnisse beschränke. Die beiden Curven geben die Durchlässigkeit zweier 6 mm dicker Platten aus Steinsalz bez. Sylvin als Function der Wellenlänge. Die beiden letzten Punkte bei 24,4 μ sind abweichend von der oben beschriebenen Methode mit Hülfe der dreimal an Flussspath reflectirten Strahlen, deren Wellenlänge Hr. E. F. Nichols und ich zu 24,4 μ bestimmt haben, ohne spectrale Zerlegung erhalten worden. Man erkennt, dass die Absorption beider Substanzen bei 12 μ bereits merklich ist und bei 24,4 μ sehr beträchtlich, bei Steinsalz sogar nahezu vollständig wird.

Die Depolarisation von Platin- und Quecksilberelectroden;

von G. Meyer und K. Klein.

(Vorgelegt am 6. November 1896.)

(Vgl. oben p. 107.)

Gegenstand der Untersuchung ist das Verschwinden der Polarisation im offenen Zustande der polarisirten Zelle. Um das Vergehen beider Arten der Polarisation getrennt verfolgen zu können, wurde die eine Electrode sehr klein, die andere 100 bis 300 Male grösser gewählt. In diesem Falle tritt die Polarisation nur an der kleinen Electrode auf, während der Zustand der grossen Electrode ungeändert bleibt. Je nachdem die kleine Electrode als Anode oder Kathode gedient hat, ist die Möglichkeit gegeben, die anodische oder kathodische Depolarisation zu untersuchen. Die Messung der jeweils vorhandenen electromotorischen Kraft der Polarisation geschah mittelst eines Capillarelectrometers, dessen Meniscus mit der kleinen Electrode bei Untersuchung der kathodischen, mit der grossen Electrode bei Untersuchung der anodischen Depolarisation verbunden war, während die grosse Quecksilberfläche des Electrometers mit der entsprechenden anderen Electrode der Zelle in Verbindung stand. Durch diese Anordnung ist erreicht, dass bei jeder Art der Polarisation der Meniscus des Electrometers sich stets in demselben Sinne bewegt. In beiden Fällen giebt nach Entfernung der polarisirenden Kraft der Stand des Meniscus den in jedem Momente vorhandenen Betrag der Polarisation an, deren im Laufe der Zeit erfolgenden Verfall man an der Veränderung der Stellung des Meniscus nach den Schlägen einer Secundenuhr verfolgen kann. Die Capacität des Electrometers konnte gegen die der kleinen Electrode vernachlässigt werden.

Zur Untersuchung gelangten Hg- und Pt-Electroden. Im ersten Falle war die grosse Electrode durch Ueberschichtung des Bodens mit Hg hergestellt, während die kleine durch einen amalgamirten Platindraht gebildet wurde; im zweiten Falle

standen sich ein blanker Pt-Draht von rund 10 bis 20 mm^2 Oberfläche und ein Blech von 30 cm^2 einseitiger Oberfläche gegenüber.

Polarisirt wurde mit einer Spannung, welche 0,2 Volt ein wenig übertraf, eine gemessene Zeit hindurch — 10 s bis 1 m, in wenigen Fällen 2 m —, und nach Unterbrechung des polarisirenden Stromes der Rückgang des Capillarelectrometers in seine Ruhestellung beobachtet. Als Maass für die Geschwindigkeit der Deporalisation diente die Zeit, nach welcher die Polarisation von 0,2 Volt auf 0.1 Volt gesunken war. Der weitere Verlauf der Depolarisation wurde nicht beachtet, um den Unregelmässigkeiten zu entgehen, welche durch die fast immer vorhandenen geringen Potentialdifferenzen zwischen der kleinen und der grossen Electrode hervorgerufen wurden. Beobachtungen an Hg-Electroden in Lösungen von H_2SO_4, $MgSO_4$, $Mg(NO_3)_2$, Na_2SO_4, $NaNO_3$, Na_2CO_3, NaOH, $NaC_2H_3O_2$, NaCl, NaJ, NaBr, an Pt-Electroden in Lösungen der genannten Na-Salze und in HCl-Lösung, wobei sämmtliche Lösungen 0,05 normal waren, haben nun die folgenden Gesetzmässigkeiten erkennen lassen:

1. Die Grösse der polarisirten Electrode, so lange diese gering bleibt gegen die andere Electrode, hat keinen Einfluss auf die Depolarisation;

2. die Geschwindigkeit der Depolarisation nimmt ab mit zunehmender Dauer der vorangegangenen Polarisation;

3. bei ungeänderter Dauer der Polarisation nimmt die Depolarisationsgeschwindigkeit mit wachsender Temperatur zu;

4. löst man in dem Electrolyten ein Salz auf, dessen Säure mit der des Electrolyten übereinstimmt, dessen Basis das Metall der Electroden ist (Metallsalz), so wird die kathodische Depolarisationsgeschwindigkeit erhöht;

5. die Depolarisationsgeschwindigkeit von Pt-Electroden ist mit einer gleich zu erwähnenden Einschränkung geringer als die von Hg-Electroden in den nämlichen Electrolyten;

6. in Lösungen von NaOH, Na_2CO_3, NaBr, NaJ haben Hg-Electroden und in Lösungen von NaOH und Na_2CO_3 haben Pt-Electroden nahezu gleichgrosse Depolarisationsgeschwindigkeiten für kathodische Polarisation;

7. in allen untersuchten Fällen verschwindet die anodische Polarisation langsamer als die kathodische.

Wir wollen versuchen diese Thatsachen einheitlich zusammenzufassen, indem wir die Polarisation als durch einen Leitungsstrom [1]) hervorgerufen ansehen. In einer grossen Zahl von Fällen bildet sich in dem Electrolyten ein Salz, dessen Basis das Metall der Electroden ist, dessen Säure mit der des Electrolyten übereinstimmt. Dieses Salz, kurzweg Metallsalz genannt, wird auf der Oberfläche der Electroden verdichtet, und zwischen der Dichtigkeit des verdichteten Salzes und der Dichte im Innern des Electrolyten besteht ein Gleichgewichtszustand. Die oben mitgetheilten Thatsachen beziehen sich auf Zellen, deren eine Electrode sehr klein gegen die andere ist.

Durch eine angelegte polarisirende Kraft wird die Oberflächendichtigkeit des Metallsalzes an der kleinen Electrode auf den Werth Γ gebracht. Bezeichnet Γ_0 die ursprüngliche Dichte des Metallsalzes an der Oberfläche, welche an der grossen Electrode ungeändert geblieben ist, und sind u und u_0 die Dichtigkeiten des Metallsalzes im Innern des Electrolyten, welche mit Γ und Γ_0 im Gleichgewicht sind, so ist die electromotorische Kraft der polarisirten Zelle die eines Concentrationsstromes mit dem Concentrationsverhältniss u_0/u, also die Polarisation

$$x = C \log \text{nat} \frac{u_0}{u}. \tag{1}$$

Die Folge einer kathodischen Polarisation ist die Ausfällung von Metall und Verringerung des Gehaltes des Electrolyten am Metallsalz in der Umgebung der Electrode, welche zur Bildung eines an Metallsalz armen Hofes führt. Nach Entfernung der polarisirenden Kraft wird sich der ursprüngliche Zustand dadurch wieder herstellen, dass sowohl Metall der Electrode neu in Lösung geht, als auch aus dem Electrolyten Metallsalz in den Hof hinein diffundirt. Eine anodische Polarisation bewirkt Bildung von neuem Salz; hierdurch entsteht um die Electrode ein an Metallsalz reicher Hof. Der Vorgang der Depolarisation besteht darin, dass zwischen dem Hofe und dem übrigen Electrolyten durch Diffusion ein Aus-

1) Warburg, Wied. Ann. **41.** 1. 1890.

tausch von Metallsalz stattfindet und nach kathodischer Polarisation Neubildung von Salz geschieht. Diese Auffassung erklärt das langsame Verschwinden der anodischen und das schnellere Vergehen der kathodischen Polarisation, da im ersteren Falle nur die Diffusion, im letzteren Diffusion und Neubildung von Salz den Hof zerstören. Die Depolarisation findet auch statt während der Dauer der Polarisation, und die Folge ist, dass der polarisirende Strom niemals ganz verschwindet, sondern ein Reststrom bestehen bleibt, welcher je nach der Art der Polarisation das an die Electroden gelangende Metallsalz fortdauernd zerlegt oder neues Salz bildet. Die Grösse des Hofes wächst daher mit der Dauer der Polarisation, und das Verschwinden derselben wird desto mehr Zeit erforden, je grösser der Hof ist, oder je länger die Polarisation gedauert hat, eine Erscheinung, welche durch die Erfahrung bestätigt ist. Ein Zusatz von Metallsalz zum Electrolyten nähert die Electroden dem Zustande einer unpolarisirbaren Electrode und die kathodische Polarisation verschwindet schneller als wenn der Zusatz fehlt. Der polarisirende Strom vermag in diesem Falle nur einen kleinen Hof zu erzeugen, welcher nach Entfernung der polarisirenden Kraft schnell wieder verschwindet, und bei einem hohen Gehalt an Metallsalz gelingt es überhaupt nicht, einen Hof durch Polarisation hervorzubringen, da aus einer solchen Lösung die Verdichtung des Salzes auf der Oberfläche der Electroden schnell und reichlich stattfindet. Die starke Zunahme der kathodischen Depolarisationsgeschwindigkeit mit der Temperatur lässt sich theils auf das gleichzeitige Anwachsen der Diffusionscoefficienten zurückführen, theils auf den bei höherer Temperatur grösseren Gehalt des Electrolyten an Metallsalz, welcher durch die Zunahme der Löslichkeit des Electrodenmetalles mit der Temperatur bewirkt wird. Als Erklärung für die Zunahme der anodischen Depolarisationsgeschwindigkeit mit der Temperatur lässt sich einstweilen nur die Zunahme der Diffusionscoefficienten mit wachsender Temperatur anführen.

Der Einfluss des Zusatzes von Metallsalz zum Electrolyten auf die anodische Depolarisation ist nicht untersucht, da nach dem Zusatze die Hg-Electroden anodisch unpolarisirbar geworden



waren, und da die Pt-Electroden unter diesen Bedingungen unsichere Resultate lieferten.

Die sehr grossen kathodischen Depolarisationsgeschwindigkeiten von Hg-Electroden in Lösungen von NaOH, Na_2CO_3, NaBr, NaJ und von Pt-Electroden in Lösungen von NaOH und Na_2CO_3 gehen wohl darauf zurück, dass bei kathodischer Polarisation sich HgNa bez. PtNa bildet, und dass der Verfall der Polarisation durch die sehr lebhaft erfolgende Zersetzung dieser Körper in wässerigen Lösungen bedingt ist.

Mit Hülfe der Formel (1) kann man zu einem Ausdruck gelangen für die in jedem Augenblick während der Depolarisation vorhandene Polarisation, wenn man eine Annahme macht über die Abhängigkeit von u von der Zeit. Eine zweckentsprechende Annahme ist

$$\frac{du}{at} = a(u_0 - u),$$

welche durch Integration liefert:

(2) $$u = u_0 - (u_0 - u_1)e^{-at},$$

u_1 den Werth von u bedeutet zur Zeit $t = 0$, wenn die Depolarisation beginnt. Setzt man (2) in (1) ein, so ergiebt sich:

(3) $$x = C \log \text{nat} \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{u_1}{u_0}\right) e^{-at}} = -C \log \text{nat} \left(1 - \left(1 - \frac{u_1}{u_0}\right) e^{-at}\right).$$

Für $t = 0$ ist $x = V$; und $u = u_1$, also

$$V = C \log \text{nat} \frac{u_0}{u_1}$$

oder

$$\frac{u_1}{u_0} = e^{-\frac{V}{C}}.$$

Setzt man $1 - e^{-V/C} = b$, so wird

$$-C = \frac{V}{\log \text{nat}(1 - b)}$$

und (3) geht, wenn man zugleich die natürlichen Logarithmen durch die Briggi'schen ersetzt, über in

(4) $$x = V \frac{\log(1 - b\,e^{-at})}{\log(1 - b)}.$$

Zur Prüfung dieser Formel sind von verschiedenen Be-

obachtungsreihen je zwei Beobachtungen gewählt und aus diesen die Constanten a und b berechnet.

Die Gleichung (4) stellt dann die ganze Beobachtungsreihe mit grosser Genauigkeit dar.

Pt in H_2SO_4, 10 sec. kathod. polarisirt; $t = 23{,}9$

sec	B	R	$B-R$
0	0,505	0,505	±0,000
1	0,388	0,370	+0,018
2,2	0,324	0,320	+0,004
3	0,295	0,299	−0,004
5	0,268	0,265	+0,003
7	0,242	0,242	±0,000
10	0,218	0,218	±0,000
14	0,196	0,195	+0,001
19	0,177	0,175	+0,002
23	0,157	0,162	−0,005
31	0,137	0,142	−0,005
42	0,118	0,122	−0,004
59	0,101	0,101	±0,000
83	0,084	0,086	−0,002

$b = 0{,}99919$
$a = 0{,}00465$

Pt in NaJ, 10 sec. kathod. polarisirt; $t = 19{,}3$

sec	B	R	$B-R$
0	0,205	0,205	±0,000
1	0.196	0,195	+0,001
4	0,176	0,176	±0,000
9	0,155	0,156	−0,001
18	0,137	0,137	±0,000
32	0,120	0,119	+0,001
56	0,103	0,101	+0,002
98	0,083	0,083	±0,000
140	0,068	0,071	−0,003

$b = 0{,}9970$
$a = 0{,}0009975$

Hg in $MgSO_4$, 10 sec. kathod. polarisirt; $t = 21{,}0$

sec	B	R	$B-R$
0	0,208	0,208	±0,000
1	0,165	0,165	±0,000
2	0,153	0,154	−0,001
3	0,144	0,137	+0,007
6	0,124	0,119	+0,005
10	0,104	0,104	±0,000
15	0,089	0,092	−0,003

$b = 0{,}9991$
$a = 0{,}002973$

Hg in $MgSO_4$, 10 sec. anod. polarisirt; $t = 24{,}0$

sec	B	R	$B-R$
0	0,208	0,208	±0,000
1	0,181	0,181	±0,000
3	0,160	0,155	+0,005
6	0,142	0,138	+0,008
9	0,123	0,121	+0,002
15	0,104	0,104	±0,000
25	0,087	0,087	±0,000
40	0,073	0,056	+0,017

$b = 0{,}9964$
$a = 0{,}003869$

Aus den den unterstrichenen Zeiten zugehörenden Beobachtungen sind die Constanten berechnet.

Die Mittheilung weiteren Beobachtungsmateriales muss einer demnächst erscheinenden, ausführlichen Publication vorbehalten bleiben.

Photographie eines Blitzes; von A. Blümel.

(Vorgetragen am 23. October 1896.)

(Vgl. oben p. 83.)

Das Bild zeigt den ganzen Weg des Blitzstrahls von seiner Entstehung in den Wolken bis zur Einschlagstelle. Der Blitz verzweigt sich direct unterhalb der Wolke in zwei Strahlen, von denen der schwächere nur 100 Schritte vom Beobachter entfernt in eine Weide ging, während der Hauptstrahl 400 Schritte entfernt in ein Erlengebüsch schlug. Beide erschienen dem Auge gleich blendend, während die photographische Platte deutlich den grossen Unterschied ihrer Intensitäten zeigt. Auf dem Bilde ist neben dem unteren Theile des Hauptblitzes eine Telegraphenstange abgebildet, welche nur 100 Schritte vom Apparat entfernt stand. Ihr Durchmesser erscheint kleiner als der des Blitzes und zwar beträgt derselbe nur etwa $^2/_3$ vom Durchmesser des 400 Schritte entfernten Hauptstrahls, woraus auf die Stärke dieses Blitzes ein Schluss zu ziehen möglich ist.

Unter der Annahme, dass die Entstehung des Blitzes in den Wolken ungefähr senkrecht über der Einschlagstelle lag, war es möglich, einen Schluss auf die Höhe der Gewitterwolke selbst zu ziehen. Nachdem nämlich am folgenden Tage der photographische Apparat genau wieder so aufgestellt war, wie er während des Gewitters gestanden hatte, konnte mit Hülfe des inzwischen entwickelten Bildes die Stelle auf der matten Glasscheibe der Camera angegeben werden, wo der Blitz am Abend vorher in den Wolken scheinbar entstanden war. Wurde nun eine senkrecht gehaltene Stange vor dem Apparat so lange bewegt, bis die Spitze derselben sich genau auf diesem Punkte abbildete, so konnte aus der Länge der Stange, ihrer Entfernung und der Entfernung der Einschlagstelle vom Apparat die Höhe der Gewitterwolke berechnet werden. Zwei so angestellte Versuche mit verschieden langen Stangen ergaben das übereinstimmende Resultat, dass die Höhe der Wolke nur

etwa 150 m, genau 146 m, gewesen war. Bei dieser geringen Höhe ist es erklärlich, dass trotz der geringen Entfernung des Blitzes die gesammte Blitzbahn auf der Platte abgebildet werden konnte.

Das Bild zeigt dann noch einige Blitze in den Wolken, von denen der eine die Bahn des zur Erde gehenden Blitzes zu schneiden scheint. Vielleicht ist die Annahme gerechtfertigt, dass diese in den Wolken sich verzweigenden Blitze durch ihre Belichtung die Ursache für die Entstehung des zur Erde gehenden Blitzes gewesen sind.

Andere interessante Einzelheiten dieses Blitzbildes würden nur bei Abbildung der Photographie verständlich sein.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 15. Nr. 6.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 20. November 1896.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Hr. **F. Neesen** sprach

über Röntgenröhren und Röntgenstrahlen.

Hr. **E. Warburg** trug darauf vor

über das Verhalten sogenannter unpolarisirbarer Electroden gegen den Wechselstrom.

Hr. **F. Kohlrausch** besprach

die Platinirung von Electroden für telephonische Bestimmung von Flüssigkeitswiderständen.

Ueber das Verhalten sogenannter unpolarisirbarer Electroden gegen Wechselstrom; von E. Warburg.

(Vorgetragen am 20. November 1896.)
(Vgl. oben p. 119.)

---

§ 1. Das Verhalten polarisirbarer Electroden gegen Wechselstrom wurde zuerst von F. Kohlrausch[1]) untersucht. Er setzte die Polarisation p der Electrode der durch sie hindurchgegangenen Electricitätsmenge proportional, also

$$p = \frac{1}{C} \cdot \int j\, d\, t,$$

wenn j die Stromstärke, C eine Constante, die sogenannte Capacität der Polarisation, bedeutet und p positiv gerechnet wird, wenn es j entgegengerichtet ist. Nimmt man an

$$j = a \sin m\, t,$$

so wird

(1) $$p = \frac{1}{C} \cdot \int a \sin m\, t\, d\, t,$$

oder, wenn in p nur der periodisch variabele Theil beibehalten wird,

(1a) $$p = \frac{a}{C \,.\, m} \,.\, \sin\left(m\, t - \frac{\pi}{2}\right).$$

Nach neueren Untersuchungen von M. Wien[2]) und Orlich[3]) muss der Ansatz (1) etwas verallgemeinert, nämlich gesetzt werden:

(2) $$p = \frac{1}{C} \cdot \int a \sin(m\, t + \psi)\, d\, t,$$

oder

(2a) $$p = \frac{a}{C \,.\, m} \,.\, \sin\left\{m\, t - \left(\frac{\pi}{2} - \psi\right)\right\},$$

wo ψ nach den Beobachtungen zwischen 0 und $\pi/2$ liegt; das Maximum der Polarisation erfolgt demnach schon früher, als nach dem Ansatz (1a). Dies muss, wie Orlich gezeigt

1) F. Kohlrausch, Pogg. Ann. **148.** p. 443. 1872.
2) M. Wien, Wied. Ann. **58.** p. 37. 1896.
3) E. Orlich, Inauguraldissert. Berlin 1896.

hat, wegen der Depolarisation der Electroden eintreten, wobei nicht ausgeschlossen ist, dass noch andere Umstände mitwirken. C soll auch hier die Capacität der Polarisation heissen.

Enthält nun der Zweig 1 einer WHEATSTONE'schen Brückenanordnung eine polarisirbare Zelle und eine Selbstinduction P, so verschwindet nach den Herren M. WIEN und ORLICH der Strom in der Brücke, wenn

$$(3) \quad \begin{cases} \dfrac{\delta w_1}{P m} = \operatorname{tg} \psi, \\ \dfrac{1}{P m^2} \cdot \dfrac{1}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{\delta w_1}{P m}\right)^2}} = C, \end{cases}$$

wo, wenn der w_1 gegenüberliegende Zweig w_3 heisst,

$$\delta w_1 = \frac{w_2 w_4}{w_3} - w_1 .$$

Nach diesen Gleichungen sind von den genannten Beobachtern die Grössen C und ψ für verschiedene Fälle experimentell bestimmt worden. Doch sind bis jetzt meines Wissens in keinem Falle diese Grössen aus einer Theorie der Polarisation berechnet worden.

Im Folgenden erlaube ich mir diese Berechnung für den Fall sogenannter unpolarisirbarer Electroden (z. B. Silberelectroden in Silbernitratlösung) zu geben.

§ 2. Wir betrachten also Metallelectroden in der Lösung eines Salzes, dessen Metall das der Electrode ist. Dann kommt bekanntlich die Veränderung, welche der Strom in der Lösung hervorbringt, darauf hinaus, dass Salz von der Kathode zur Anode hin transportirt wird. Die betrachtete Electrode sei Endquerschnitt q eines vom Electrolyten erfüllten geraden Cylinders, u_a sei die Geschwindigkeit des Anions, die Lösung enthalte $\mathfrak{m}$ g-Aequivalente Salz im Cubikcentimeter. Dann beträgt die in der Secunde transportirte Salzmenge

$$q \,.\, u_a \,.\, \mathfrak{m} \,.\, \text{g-Aequivalente.}$$

Ist andererseits u_k die Geschwindigkeit des Kations, j die Stromstärke, A das electrochemische Aequivalent des Silbers, n die HITTORF'sche Ueberführungszahl, so ist

$$(u_a + u_k) \,.\, q \,.\, \mathfrak{m} = j \,.\, \frac{A}{107{,}7}, \qquad \frac{u_a}{u_a + u_k} = n.$$

Mithin ist, wenn $\mathfrak{A}$ das Aequivalentgewicht des Salzes bedeutet, die in der Secunde transportirte Salzmenge μ

$$\mu = j \, . \, n \, . \, \frac{A}{107{,}7} \, . \, \mathfrak{A}.$$

Eine aus der Wärmelehre geläufige Betrachtung lehrt, dass diese zu einer Electrode hin transportirte Salzmenge gleich der durch den sich bildenden Diffusionsstrom von ihr fortströmenden sein muss. Ist also k die Diffusionsconstante, c die Concentration, wird die z-Axe senkrecht zur Electrodenfläche genommen, und wird der Strom in der Richtung der positiven z-Axe positiv gerechnet, so muss an der Electrode ($z = 0$) sein:

$$0 = \mu + q \, . \, k \, . \left(\frac{\partial c}{\partial z} \right)_0$$

oder

(4) $$\left(\frac{\partial c}{\partial z} \right)_0 = - j n \, . \, \frac{A}{107{,}7} \, . \, \frac{\mathfrak{A}}{q \, . \, k} \, .$$

§ 3. An der Electrode bestehe nun ein Wechselstrom in der Richtung der z-Axe

$$j = a \, . \sin m t.$$

Derselbe bringt periodische Concentrationsänderungen an ihr hervor, welche in grosser Entfernung von ihr verschwinden. Um diese Concentrationsänderungen zu berechnen, hat man die Gleichung

$$\frac{\partial c}{\partial t} = k \, . \, \frac{\partial^2 c}{\partial z^2}$$

zu integriren unter den Bedingungen:

$$\left\{ \begin{aligned} & z = 0 \\ & \frac{\partial c}{\partial z} = - b \, . \, a \, . \sin m t \\ & b = \frac{n \, . \, A \, . \, \mathfrak{A}}{107{,}7 \, . \, q \, . \, k} \end{aligned} \right. \qquad \left\{ \begin{aligned} & z = \infty \\ & c = c^0, \end{aligned} \right.$$

wenn c^0 die ursprüngliche Concentration bedeutet.

Das dem stationären Zustande entsprechende Integral ist

(5) $$\left\{ \begin{aligned} & c = c^0 - \frac{a \, . \, b \, . \, \zeta}{\sqrt{2}} \, . \, e^{-\frac{z}{\zeta}} \, . \cos \left(m t - \frac{z}{\zeta} + \frac{\pi}{4} \right) \\ & \zeta = \sqrt{\frac{2 k}{m}} \end{aligned} \right.$$



Also für $z = 0$

$$c_0 = c^0 - \frac{a \,.\, b \,.\, \zeta}{\sqrt{2}} \,.\, \cos\left(m\,t + \frac{\pi}{4}\right) \tag{6}$$

ζ ist die Entfernung von der Electrode, in welcher die Amplitude der Concentrationswelle auf $1/e$ des an der Electrode stattfindenden Werthes reducirt ist. In den in den Versuchen vorkommenden Fällen ist diese Entfernung ein Bruchtheil eines Millimeters. Die Concentrationswellen sind ähnlich den Temperaturwellen, welche infolge des Wechsels der Jahreszeiten in den Boden eindringen.

§ 4. Der betrachteten Electrode stehe als zweite eine als unendlich gross zu betrachtende gegenüber, so besteht an dieser stets die Concentration c^0, und nach der Theorie der Concentrationsströme ist die electromotorische Kraft der Polarisation

$$\begin{cases} p = e \,.\, \log \text{nat} \,.\, \dfrac{c_0}{c^0} \\ e = R \,.\, \vartheta \,.\, \dfrac{f}{w} \,.\, \dfrac{A}{107{,}7} \,.\, n \,. \end{cases} \tag{7}$$

R ist die Gasconstante, ϑ die absolute Temperatur, w die Werthigkeit des Metalles, f die Zahl der Ionen, in welche eine electrolytische Molekel dissociirt ist; in dem Ausdruck für e ist angenommen, dass alle Molekeln dissociirt sind. Mit Rücksich auf (6) wird:

$$p = e \,.\, \log\left\{1 - \frac{a \,.\, b \,.\, \zeta}{c^0 \sqrt{2}} \,.\, \cos \,.\left(m\,t + \frac{\pi}{4}\right)\right\}. \tag{8}$$

Sind die Concentrationsänderungen unendlich klein gegen die ursprüngliche Concentration c^0:

$$p = -\, e \,.\, \frac{a \,.\, b \,.\, \zeta}{c^0 \sqrt{2}} \,.\, \cos \,.\left(m\,t + \frac{\pi}{4}\right)$$

oder

$$p = e \,.\, \frac{a \,.\, b \,.\, \zeta}{c^0 \sqrt{2}} \,.\, \sin\left(m\,t - \frac{\pi}{4}\right). \tag{8a}$$

Die Vergleichung von 2a mit 8a liefert:

$$C = \frac{c^0 \sqrt{2}}{e\, b\, \zeta\, m}$$

oder

$$\frac{C}{q} = C_1 = \left(\frac{107{,}7}{A}\right)^2 \frac{1}{2{,}263 \,.\, 10^{10}} \,.\, \frac{w \sqrt{k}}{n^2 f \mathfrak{A}} \,.\, \frac{c^0\, \vartheta^0}{\sqrt{m \,.\, \vartheta}}$$

oder

$$(9) \quad \begin{cases} C_1 = 0{,}00410 \, . \, \dfrac{w \sqrt{k}}{n^2 f \, . \, \mathfrak{A}} \, . \, \dfrac{\vartheta_0 c^0}{\vartheta \sqrt{m}} \\ \text{ferner} \\ \psi = \dfrac{\pi}{4} \, . \end{cases}$$

C_1, die Capacität pro Quadratcentimeter, entspricht der von Hrn. WIEN durch $\mathfrak{C}$, von Hrn. ORLICH durch x bezeichneten Grösse. Wird als zweite Electrode nicht eine unendlich grosse, sondern eine der ersten gleiche genommen, so wird die Capacität gleich $^1/_2 \, C_1$.

Für Silberelectroden in Silbernitratlösung ist:

$$n = 0{,}5 \quad \mathfrak{A} = 169{,}7 \quad w = 1 \quad k = \frac{0{,}81}{86\,400} \quad f = 2 \, .$$

Für eine Temperatur von 18° ($\vartheta = 290{,}5$) ergiebt sich alsdann

$$C_1 = 13{,}89 \, . \, 10^{-8} \, . \, \frac{c^0}{\sqrt{m}} = 13{,}89 \, . \, 10^7 \, . \, \frac{c^0}{\sqrt{m}} \text{ mf.}$$

Für $m = 200 \, . \, 2\pi$

$$c^0 = \frac{0{,}1697}{1000} \text{ (1 g äquivalent in 1000 l)}$$

ergiebt sich

$$C_1 = 664{,}8 \text{ mf.}$$

§ 5. Einige Versuche des Hrn. WIEN erfüllen angenähert die Bedingungen der gegebenen Theorie. Diese Versuche beziehen sich auf Quecksilberelectroden in NaCl-Lösung, welche mit Calomel, das spurenweise in Lösung geht, gesättigt ist. Der Fall ist zwar wegen der Gegenwart des NaCl nicht genau dem behandelten entsprechend, entspricht ihm aber in den bei der Vergleichung in Betracht kommenden Punkten unter der Annahme, dass die electromotorische Kraft der Polarisation nur von der Concentrationsänderung des gelösten Quecksilbersalzes abhängt. Die Angaben des Hrn. M. WIEN [1]) sind in der hier gewählten Bezeichnung in den ersten drei Columnen der folgenden Tabelle verzeichnet.

1) M. WIEN, l. c. p. 62.

$\frac{m}{2\pi}$	C_1 in mf.	ψ	$C_1 \sqrt{\frac{m}{2\pi}}$	C_1 ber.	Δ
535	538	41° 50′	12450	560	+4 Proc.
256	842	39	13470	810	−4
128	1180	42 10	13350	1146	−3
64	1570	45 50	12560	1620	+3
			Mittel: 12960		

Man sieht zunächst, dass ψ nahezu $= \pi / 4$ ist. Die 4. Columne enthält die Grösse $C_1 . \sqrt{m / 2\pi}$, welche nach (9) constant sein soll und um den Mittelwerth 12960 schwankt. Die 5. Columne enthält die aus diesem Mittelwerth berechneten Werthe von C_1, welche nach der 6. Columne von den beobachteten um 3—4 Proc. der berechneten Werthe abweichen. Die absoluten Werthe von C_1 können nicht berechnet werden, da die Concentration c^0 der Calomellösung nicht bekannt ist.

§ 6. Ich habe früher gezeigt[1]), dass sich in dem sauerstoffhaltigen Electrolyten etwas von dem Metall der Electroden als Metallsalz löst und daraus geschlossen, dass ein Theil der Polarisation von der durch den Strom bewirkten Concentrationsänderung dieses Metallsalzes herrührt. Entspringt die Polarisation ganz aus dieser Ursache, so muss nach dem Vorstehenden C_1 der Quadratwurzel aus der Schwingungszahl umgekehrt proportional und $\psi = \pi / 4$ sein. Das trifft in dem § 5 behandelten Fall zu, eine Annäherung an das geforderte Verhalten zeigen naah Hrn. M. Wien platinirte Platinelectroden in gesättigter NaCl-Lösung. Auch nicht annähernd ist die Forderung erfüllt für den Fall von Hg oder blanken Platinelectroden in den wässerigen Lösungen leichter Metallsalze, indem nach den Versuchen der Hrn. M. Wien und Orlich C_1 sich hier nur wenig mit der Schwingungszahl ändert und ψ viel kleiner als $\pi/4$ ist, nämlich 3—20° beträgt. Hier müssen also andere Umstände von wesentlicher Bedeutung sein. Für die Theorie des Capillarelectrometers ist das Verhalten von Quecksilberelectroden in Schwefelsäurelösung von grossem Interesse. Experimentelle Untersuchungen in der angegebenen Richtung werden im hiesigen Institut gemacht.

Berlin, den 11. Nov. 1896.

1) E. Warburg, Wied. Ann. 38. p. 343. 1889.

Die Platinirung von Electroden für telephonische Bestimmung von Flüssigkeitswiderständen;
von F. Kohlrausch.

(Vorgetragen am 20. November 1896.)

(Vgl. oben p. 119.)

Der Vortragende zeigte, dass die electrolytische Platinirung von Electroden mittels der von den Herren Lummer und Kurlbaum empfohlenen Lösung, unter Herstellung hinreichend starker Niederschläge, vorzügliche Resultate für die telephonische Bestimmung von Flüssigkeitswiderständen ergiebt. Zwischen Electroden von nur $^1/_2$ cm^2 Fläche lassen sich Widerstände bis 20 Ohm abwärts gut bestimmen.

Hierdurch wird eine Vereinfachung des Verfahrens ermöglicht, indem man die Widerstände in U-förmigen Röhren bestimmt: entweder so, dass unter Anwendung eines verschiebbaren Brückencontactes die Electroden auf bestimmte Marken eingestellt werden, zwischen denen die Widerstandscapacität des Raumes bekannt ist, oder noch einfacher so, dass man die Verschiebung einer der Electroden über einer auf Widerstand calibrirten Theilung vornimmt, wobei constante Brückenzweige genügen. Das Modell einer derartigen Vorrichtung wurde demonstrirt.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 15. **Nr. 7.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 4. December 1896.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. **M. Thiesen** berichtete

über eine absolute Bestimmung der Wasserausdehnung.

Sitzung vom 18. December 1896.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Hr. H. DU BOIS legte eine Abhandlung des Hrn. **P. Zeeman** (in Amsterdam) vor:

über einen Einfluss der Magnetisirung auf die Natur des von einer Substanz emittirten Lichtes.

Hr. **Th. Des Coudres** trug vor

über die Drehung der Polarisationsebene des Lichtes durch oscillirende Entladungen.

Hr. **K. Kahle** demonstrirte

ein HELMHOLTZ'sches Electrodynamometer.

Ueber einen Einfluss der Magnetisirung auf die Natur des von einer Substanz emittirten Lichtes; von P. Zeeman (in Amsterdam).

(Vorgelegt am 18. Dec. 1896.)

(Vgl. oben p. 127.)

Gelegentlich meiner Messungen über das KERR'sche magnetooptische Phänomen kam mir der Gedanke, ob die Schwingungsdauer des von einer Flamme ausgestrahlten Lichtes geändert werden könne, wenn dieselbe dem Einflusse des Magnetismus unterworfen wird. Es hat sich herausgestellt, dass ein solcher Einfluss des Magnetismus wirklich besteht. Ich führte in eine Gas-Sauerstoffflamme, welche zwischen den Polen eines RUHMKORFF'schen Electromagneten aufgestellt war, ein mit Kochsalz getränktes Stück Asbest hinein. Mit einem ROWLAND'schen Gitter wurde das Licht der Flamme analysirt. Sobald der Strom geschlossen wurde, erschienen die beiden D-Linien verbreitert. Da man indessen die Verbreiterung auf Rechnung einer durch die bekannte Gestaltsänderung der Flamme unter dem Einfluss des Magnetismus bedingte Temperatur- und Dichtigkeitsänderung des glühenden Na-Dampfes setzen kann, so bin ich in folgender, wie mir scheint sehr viel einwurfsfreierer Weise verfahren. In einem Rohre aus unglasirtem Porzellan, wie sie Hr. PRINGSHEIM bei seinen interessanten Untersuchungen über die Strahlung der Gase verwendet hat, wird Natrium stark erhitzt. An beiden Enden ist das Rohr durch planparallelle Glasplatten geschlossen, die lichte Weite beträgt 1 cm. Das Rohr wird horizontal und senkrecht zu den magnetischen Kraftlinien zwischen die Pole gelegt. Das Licht einer Bogenlampe wird hindurchgeschickt. Im Absorptionsspectrum erscheinen die beiden D-Linien. Das Rohr wird zur Vermeidung von Temperaturungleichheiten fortwährend um seine Axe gedreht. Erregung des Magneten bewirkt sogleich Verbreiterung der Linien. Es erscheint hierauf schon sehr wahrscheinlich, dass die Periode des Natriumlichtes im magnetischen

Felde geändert wird. Es ist merkwürdig, dass im Jahre 1862 schon FARADAY mit den unvollkommenen Hülfsmitteln der damaligen Zeit den erstgenannten Versuch, obgleich mit negativem Erfolg, gemacht hat.[1])

Es wurde schon bemerkt, welches der allgemeine Anlass zu meinen eigenen Versuchen über die Magnetisirung der Spectrallinien war. Die Möglichkeit einer Aenderung der Periode versinnbildlichte ich mir anfangs durch Vergegenwärtigung der beschleunigenden und verzögernden Kräfte zwischen den Atomen und den MAXWELL'schen Molecularwirbeln, später durch ein von Lord KELVIN herrührendes Beispiel einer Koppelung eines schnell rotirenden Systems und eines Doppelpendels. Eine wirkliche Erklärung schien mir jedoch aus der Theorie der electrischen Erscheinungen von Prof. LORENTZ gefolgert werden zu können. In dieser Theorie wird vorausgesetzt, dass in allen Körpern kleine, electrisch geladene Massentheilchen sich befinden, dass alle electrischen Vorgänge auf der Lagerung und Bewegung dieser „Ionen" beruhen und dass die Lichtschwingungen Vibrationen der Ionen sind. In einem magnetischen Felde schienen mir nun auf die Ionen gerade Kräfte der zur Erklärung genügenden Art zu wirken. Hr. Prof. LORENTZ, dem ich diese Idee mittheilte, hatte sogleich die Liebenswürdigkeit, mir anzugeben, wie sich die Bewegung der Ionen berechnen liesse und machte weiter die Bemerkung, dass, falls die Erklärung richtig wäre, die Ränder einer magnetisch verbreiterten Spectrallinie circular polarisirt sein müssten, im Falle man in der Richtung der Kraftlinien in die Flamme hineinsieht; aus der Grösse der Verbreiterung würde sich dann das Verhältniss zwischen Ladung e und Masse m eines „Ions" berechnen lassen. Ich habe nun mit einer Viertelwellenlängenplatte und Analysator gefunden, dass wirklich die Ränder der magnetisch verbreiterten Linie, falls die Kraftlinien parallel zur Sehlinie verlaufen, circular polarisirt sind. Aus einer allerdings sehr rohen Messung der Verbreiterung ergiebt sich e/m von der Ordnung 10^7, wofern e in electromagnetischem Maasse ausgedrückt ist. Betrachtet man dagegen die Flamme in der Richtung senkrecht zu den

1) MAXWELL, Collected works II. p. 790.

Kraftlinien, dann finde ich die Ränder der Spectrallinie linear polarisirt, wie es auch die Theorie verlangt. Es ist in dieser Weise ein directer Beweis für das Bestehen der Ionen gefunden.

Diese Untersuchung wurde ausgeführt im Physikalischen Institut der Universität in Leyden und wird in Bälde ausführlicher in den „Communications of the Leyden Laboratory“ veröffentlicht werden. Ich möchte an dieser Stelle dem Director des Instituts, Hrn. Prof. Kamerlingh Onnes, meinen verbindlichsten Dank aussprechen für das unschätzbare Interesse, mit dem er der Sache entgegengekommen ist.

Ueber Drehung der Polarisationsebene des Lichtes durch oscillirende Entladungen; von Th. Des Coudres.

(Vorgelegt am 18. December 1896.)

(Vgl. oben p. 127.)

Mit der von Bichat und Blondlot aufgefundenen Drehung der Polarisationsebene des Lichtes durch Leidener Flaschenentladungen hat sich wohl zuletzt O. Lodge [1]) beschäftigt. Er hielt es für erwünscht zu entscheiden, ob die electromagnetische Drehung noch Schwingungen von mehreren Millionen Zeichenwechseln in der Sekunde zu folgen vermag. In diesem Falle könne nämlich kein Zweifel mehr bestehen, dass Villari's [2]) Folgerungen aus seinen Versuchen mit rotirendem Glase unrichtig seien. Trotzdem scheint Lodge nicht über die Polwechselzahl 70000 pro Secunde hinausgekommen zu sein.

Auf welcherlei Hindernisse er stiess, giebt Lodge nicht an. Dass aber meine auf das gleiche Ziel gerichteten Bemühungen vor zehn Jahren hier im Berliner Institute fehl geschlagen waren, das hatte einen sehr trivialen Grund, wie sich bei Wiederaufnahme der Experimente diesen Sommer in Göttingen ergab. Getraut man sich mit der Windungszahl der Spule von der eines Inductionsapparates aus nicht gleich gründlich herunterzugehen und wickelt darum immer noch in mehreren Lagen übereinander, so überschätzt man meist die Widerstandsfähigkeit der üblichen Drahtumhüllungen. Die Flaschenentladung folgt dann nicht der Kupferseele, sondern bricht unbemerkt irgendwo quer durch die Isolation.

Bequem aufzuzeigen ist dagegen der Effekt z. B. mit den zwanzig Umgängen der Spirale in den Kohlrausch'schen Ampèremetern für 200 Ampere von Hartmann und Braun. Bei Verwendung einer Leidener Flasche von etwa 1400 cm

---

1) O. Lodge, Phil. Mag. (5) **27.** p. 339, 1889.

2) Villari, Pogg. Ann. **149.** p. 324, 1873.

Capacität giebt CS_2 in einem Saccharimeterrohre zwischen gekreuzten Nikols schon bei 2,5 mm Schlagweite ein deutliches, bei 5 mm ein sehr helles Aufleuchten der zuvor auf möglichst dunkel eingestellten positiven Kohle eines VOLTA'schen Lichtbogens. Der Widerstand des metallisch leitenden Stromkreistheiles spielt bei so wenigen Windungen eine sehr untergeordnete Rolle. Man konnte ihn im vorliegenden Falle durch Einschaltung dünner Kohlestäbchen verhundertfachen, ohne dass der optische Effekt sichtbar geschwächt wurde. Es bedarf demgemäss nur der geringsten Mittel, es genügt einen nicht allzu feinen Kupferdraht in etwa zwanzig Spiralwindungen um das Rohr eines MITSCHERLICH'schen Polarisasionsapparates zu schlingen, um die Drehung der Polarisationsebene mit einer kleinen Leidener Flasche nicht nur bei Schwefelkohlenstoff oder Benzol, sondern auch bei Wasser-, bei Salz- und bei Säurelösungen zu beobachten. Bedingung ist nur gute Optik, das heisst: unverletzte Nikols, schlierenfreie Flüssigkeit, spannungsfreie Verschlussplatten, intensive Lichtquelle, dunkles Zimmer, Abblendung der störenden Wandreflexe. Bei der Mehrzahl meiner Versuche betrug C die Capacität des Condensators sicher weniger als 900 cm statisch und die Selbstinduction des Schliessungskreises S sicher weniger als 3000 cm magnetisch gemessen, was also etwa sechs Millionen Wechseln in der Sekunde entsprechen würde.

Grösser sind die Schwierigkeiten, wenn man sich die gleiche Aufgabe für stark magnetische Stoffe stellt. Hr. Prof. BICHAT war 1886 nach meinen ersten Misserfolgen so liebenswürdig, mir mitzutheilen, dass er selbst über die Sache zu arbeiten gedenke. Doch ist seither nichts darüber erschienen.

Die einzige Substanz, deren negative magnetische Drehung in Lösung die positive der Lösungsmittel überwiegen kann, ist Eisenchlorid. Besonders günstig liegen die Verhältnisse in dieser Beziehung bei den concentrirten Eisenchloridlösungen in Holzgeist. Sie drehen doppelt so stark negativ als FARADAY'-sches Glas positiv dreht. Nun sind aber gerade die Eisenchloridlösungen überaus intensiv gefärbt. Eine solche in Methylalkohol vom spec. Gew. 1,51 bei 15° C., wie sie bei meinen Versuchen zur Verwendung kam, gestattete nur durch eine Schicht von 6 mm Dicke mit gekreuzten Nikols genügend

scharf zu beobachten. Es war also nöthig, die Länge der Magnetisirungsspirale auf etwa 1 cm zu verkürzen. Verwendung von 0,15 mm dickem Kupferblech, aus dem eine wendeltreppenartige Spirale von 3 cm äusserem, 1 cm innerem Durchmesser zusammengelötet wurde, gestattete bei Isolation durch eine entsprechende, mit Colphoniumkitt getränkte Wendeltreppenspirale aus Papier 25 Windungen auf 1,2 cm Länge zusammenzudrängen. Das einzuschiebende Röhrchen für die Flüssigkeit bestand aus Hartgummi. Seine Verschlussplatten wurden von dünnsten Mikroscopdeckgläschen gebildet, deren Abstand 5,8 mm betrug. Mit diesem Apparat konnte für $C < 2800$ cm, $S < 10700$ cm die momentane Aufhellung bei CS_2 noch sehr bequem beobachtet werden; bei dem schwachdrehenden Metylalkohol dagegen nicht mehr. Die Eisenchloridlösung aber zeigte trotz ihrer starken Färbung die Wirkung noch sehr intensiv. Auch bei dem stark magnetischen Eisenchlorid müssen also Zeiten von der Grössenordnung eines Milliontel Sekunde immer noch zu lang sein, um Anzeigen einer etwaigen Trägheit bei den Vorgängen auftreten zu lassen, die der magnetischen Drehung zu Grunde liegen.

Zu Ausdehnung der Versuche auf Faraday'sches Glas bedarf es nach Vorstehendem nur der Beschaffung genügend fehlerfreien Materials.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Mitgliederliste.

Im Jahre 1896 wurden in die Gesellschaft aufgenommen die Herren:
Dr. E. Aschkinass, Prof. Dr. E. Dorn, Dr. A. Galle, Prof. Dr. P. Güssfeldt, L. Hacker, W. Hänsch, Dr. Hecker, Prof. van't Hoff, Prof. Hurmuzescu, Dr. K. Kahle, O. Kiewel, Prof. Dr. O. Rosenbach, Dr. A. Schmidt, Dr. E. Schmidt und Dr. Franz Schütt.

Dagegen verlor die Gesellschaft durch Tod:
Prof. Dr. E. du Bois-Reymond, H. Hänsch und Prof. Dr. F. Petri.

Aus der Gesellschaft schieden aus die Herren:
Dr. S. S. Epstein, Prof. Dr. M. Hamburger, Dr. E. Koebke und Dr. C. Weltzien.

Am Ende des Jahres 1896 waren Mitglieder der Gesellschaft:

Hr. Prof. Dr. Adami in Bayreuth.
— Dr. Altschul*), N., Rügenerstrasse 1.
— Prof. K. Ångström, Upsala.
— F. S. Archenhold, Treptow, Sternwarte.
— Prof. Dr. H. Aron, W., Lichtensteinallee 3a.
— Dr. L. Arons, SW., Königgrätzerstrasse 109.
— Dr. E. Aschkinass, W., Kurfürstendamm 22.
— Prof. Dr. R. Assmann, Falkenberg bei Berlin.
— Dr. E. van Aubel, Brüssel, Rue de Comines 12.
— Prof. Dr. Avenarius, Kiew.
— O. Baschin, W., Schinkelplatz 6.
— Frhr. v. Beaulieu, Cassel.
— Dr. U. Behn, NW., Reichstagsufer 7/8.
— Dr. W. Bein, W., Schaperstr. 36.
— Prof. Dr. P. Benoit, W., Neue Winterfeldstr. 54.
— A. Berberich, SW., Lindenstr. 91.
— Dr. G. Berthold, Ronsdorf.
— Prof. Dr. W. v. Bezold, W., Lützowstrasse 72.
— Prof. Dr. E. Blasius, Charlottenburg, Knesebeckstrasse 96.
— A. Blümel, SO., Melchiorstr. 22.
— Prof. Dr. R. Börnstein, Deutsch-Wilmersdorf bei Berlin, Lieckstrasse 10.
— Dr. H. Böttger, NW., Lessingstrasse 10.
— Dr. H. du Bois, NW., Schiffbauerdamm 21.
— A. du Bois-Reymond, Westend bei Berlin, Ahornallee 42.
— Prof. Dr. L. Boltzmann, Wien IX, Türkenstrasse 3.
— Prof. Dr. F. Braun, Strassburg.
— Prof. Dr. A. Brill, Tübingen.

Hr. Dr. W. Brix, Charlottenburg, Berliner Strasse 13/14.
— Dr. W. Brix jun., SW., Schützenstrasse 3.
— Dr. E. Brodhun, Col. Grunewald, Hubertusbaderstr. 22.
— Dr. C. Brodmann, NW., Cuxhavenerstrasse 15.
— Telegraphendirector Brunner, Wien.
— Prof. Dr. Bruns, Leipzig.
— Prof. Dr. E. Budde, NW., Klopstockstrasse 53.
— Prof. Dr. F. Burckhardt, Basel.
— Dr. R. Burg, Charlottenburg, Goethestrasse 8.
— Dr. F. Caspary, W., Rankestr. 3.
— Prof. Dr. E. B. Christoffel, Strassburg i. E.
— Prof. Dr. O. Chwolson, St. Petersburg, Was. Ostr. 6, Linie Nr. 29 Qu. 3.
— Dr. A. Coehn, Göttingen, Obere Karspüle 16a.
— Dr. Dehms, Potsdam.
— Prof. Dr. C. Dieterici, Hannover.
— Prof. Dr. Dietrich, Stuttgart.
— Prof. Dr. E. Dorn, Halle a. S., Paradeplatz 7.
— Prof. Dr. P. Drude, Leipzig.
— Dr. E. v. Drygalski, W., Steglitzerstrasse 24.
— Dr. A. Ebeling, W., Winterfeldstrasse 30b.
— Dr. Edler, Charlottenburg, Grolmannstrasse 14.
— Prof. Dr. J. Elster, Wolfenbüttel.
— F. Ernecke, SW., Königgrätzerstrasse 112.
— Prof. Dr. M. Eschenhagen, Potsdam, Magnet. Observatorium.
— Dr. C. Färber, SO., Elisabethufer 41.

Hr. Dr. Felgenträger, Potsdam, Meteorol. Institut.
— Dr. K. Feussner, Charlottenburg, Leibnitzstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Fick, Würzburg.
— Prof. Dr. R. Finkener, W., Burggrafenstrasse 2a.
— Dr. K. Fischer, SW., Puttkamerstrasse 10.
— Dr. A. Franke, SW., Hagelsbergerstrasse 23.
— Dr. G. Freund, NW., Unter den Linden 69.
— Prof. Dr. O. Frölich, Steglitz, Hohenzollernstrasse 5.
— Prof. Dr. Fromme, Giessen.
— Prof. Dr. L. Fuchs, NW., Kronprinzenufer 24.
— R. Fuess in Steglitz, Düntherstrasse 8.
— Prof. Dr. J. Gad, Prag.
— Dr. A. Galle, Potsdam, Geodät. Institut.
— Prof. H. Geitel, Wolfenbüttel.
— Dr. H. Gerstmann, Charlottenburg, Uhlandstrasse 178.
— Dr. W. Giese, W., Bülowstr. 80.
— Prof. Dr. P. Glan, NW., Klopstockstrasse 65.
— Prof. Dr. E. Goldstein, SW., Königgrätzerstrasse 92.
— Prof. Dr. D. Goldhammer, Kasan.
— Prof. Dr. L. Grätz, München, Arcisstrasse 8.
— Dr. Th. Gross, Charlottenburg, Schlossstrasse 56.
— Prof. Dr. P. Groth, München XI.
— Prof. Dr. Grotrian, Aachen.
— Prof. Dr. L. Grunmach, W., Lutherstrasse 15.
— Prof. Dr. G. Gruss, Prag, Böhmische Sternwarte.
— Prof. Dr. S. Günther, München.
— Prof. Dr. P. Güssfeldt, NW., Beethovenstrasse 1.
— Dr. E. Gumlich, Charlottenburg, Schlüterstrasse 71.
— Dr. L. Hacker, Gross-Lichterfelde, Potsdamerstrasse 52.
— Wilh. Hänsch, S., Gitschinerstrasse 82.
— Dr. E. Häntzschel, W., Gleditschstrasse 43.
— Prof. Dr. E. Hagen, W., Kurfürstenstrasse 76.
— Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff, Basel.
— H. Hahn, NW., Melanchthonstrasse 12.
— Prof. Dr. Hammerl, Innsbruck.
— G. Hansemann, W., Maassenst. 29.

Hr. Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstrasse 6.
— Dr. B. Hecht, Königsberg i. Pr.
— Dr. Hecker, Potsdam, Geodät. Institut.
— F. v. Hefner-Alteneck, W., Hildebrand'sche Privatstrasse 9.
— Prof. Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstrasse 2/3.
— Prof. Dr. K. Hensel, W., Kurfürstendamm 116.
— Prof. Dr. A. Heydweiller, Breslau.
— Prof. Dr. J. Hirschwald, Charlottenburg, Hardenbergstr. 9.
— Prof. J. H. van't Hoff, Charlottenburg, Uhlandstrasse 2.
— Dr. H. Hohnhorst, SW., Belle-alliancestrasse 80.
— Dr. L. Holborn, Charlottenburg, Schlossstrasse 3.
— Dr. K. Hollefreund, S., Alexandrinenstrasse 36.
— Prof. Dr. R. Hoppe, S., Prinzenstrasse 69.
— Dr. W. Howe, Westend bei Berlin, Kastanienallee 4.
— Prof. Hurmuzescu, Jassy.
— Prof. Dr. Hutt, Bernburg.
— Dr. W. Jaeger, Charlottenburg, Goethestrasse 16.
— Dr. E. Jahnke, Charlottenburg, Kantstrasse 24.
— Dr. K. Kahle, Charlottenburg, Lietzow 11.
— Prof. Dr. S. Kalischer, W., Ansbacherstrasse 14.
— Prof. Dr. G. Karsten, Kiel.
— Dr. C. Kassner, SW., Hallesche Strasse 20.
— Dr. W. Kaufmann, W., Magdeburgerstrasse 20.
— Prof. Dr. H. Kayser, Bonn.
— Prof. Dr. E. Ketteler, Münster i. W.
— Prof. Dr. J. Kiessling, Hamburg.
— O. Kiewel, W., Schinkelplatz 6.
— Dr. L. Klecki, Krakau, Wielopola 1.
— Prof. Dr. F. Klein, Göttingen.
— Prof. Dr. A. König, NW., Flemmingstrasse 1.
— Prof. Dr. W. König, Frankfurt a. M., Adlerflychstrasse 11.
— Dr. A. Köpsel, Zürich.
— Prof. Dr. F. Kötter, S., Annenstrasse 1.
— Prof. Dr. M. Koppe, O., Königsbergerstrasse 16.
— Prof. Dr. F. Kohlrausch, Charlottenburg, Marchstrasse 25.

Hr. Prof. Dr. W. Kohlrausch, Hannover.
— Prof. Dr. G. Krech, S., Brandenburgstrasse 43.
— Prof. Dr. V. Kremser, NW., Spenerstrasse 34.
— Dr. O. Krigar-Menzel, W., Ansbacherstrasse 48.
— Prof. Dr. H. Kronecker, Bern.
— Dr. Kühnen, Potsdam, Geodät. Institut.
— Dr. F. Kurlbaum, W., Kurfürstendamm 31.
— Prof. Dr. E. Lampe, W., Kurfürstenstrasse 139.
— Prof. Dr. H. Landolt, W., Königgrätzerstrasse 123b.
— Prof. Dr. C. Lange, W., Lutherstrasse 47.
— Prof. Dr. J. Lange, SW., Möckernstrasse 85.
— Dr. E. Less, NW., Albrechtstrasse 18.
— Dr. L. Levy, W., Blumenthalstrasse 17.
— Prof. Dr. Liebisch, Göttingen.
— Prof. Dr. O. Liebreich, NW., Neustädtische Kirchstrasse 9.
— Dr. St. Lindeck in Charlottenburg, Goethestrasse 68.
— Dr. E. Loew, SW., Grossbeerenstrasse 1.
— Prof. Dr. E. v. Lommel, München, Kaiserstrasse 1.
— Prof. Dr. H. A. Lorentz, Leyden.
— Prof. Dr. G. Lübeck, N., Prenzlauer Allee 2.
— Prof. Dr. O. Lummer in Charlottenburg, Leibnitzstrasse 68a.
— Dr. A. Mahlke, Charlottenburg, Spreestrasse 1b.
— Dr. G. Melander, Helsingfors.
— Dr. B. Meth, W., Lutherstr. 44.
— Dr. Ernst Meyer, SW., Grossgörschenstrasse 7.
— Prof. Dr. G. Meyer, Freiburg i. B., Ludwigstr. 6.
— Prof. Dr. O. E. Meyer, Breslau, Schuhbrücke.
— Dr. W. Meyer, NW., Moltkestrasse 4.
— Dr. C. Michaelis Potsdam, Schützenplatz 1b.
— Ministerialdirector Dr. P. Micke, W., Kleiststr. 15.
— Dr. James Moser, Wien.
— Dr. R. Müller, SW., Blücherstrasse 8.
— Dr. W. Müller-Erzbach, Bremen.
— Prof. Dr. A. Müttrich. Ebers-

Hr. Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstrasse 4.
— Dr. R. Nahrwold, SW., Planufer 31.
— Prof. Dr. F. Neesen, W., Zietenstrasse 6c.
— Prof. Dr. W. Nernst Göttingen, Hertzb. Chaussee 13.
— Prof. Neubert Dresden.
— Prof. Dr. C. Neumann Leipzig.
— Major Nieber, W., Neue Winterfeldstrasse 3a.
— Prof. Dr. A. Oberbeck, Tübingen.
— Prof. Dr. A. v. Oettingen, Leipzig, Mozartstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Paalzow, W., Wilhelmstrasse 50.
— Prof. Dr. J. Pernet, Zürich-Hottingen.
— Prof. Dr. L. Pfaundler Graz.
— Dr. J. Picker, Bensberg.
— Prof. Raoul Pictet, Paris, Rue Jean Goujou 37.
— Prof. Dr. M. Planck, W., Tauenzienstrasse 18a.
— Prof. Dr. L. Pochhammer, Kiel.
— Prof. Dr. F. Pockels Dresden.
— Prof. Dr. F. Poske, SW., Halleschestrasse 21.
— Prof. Dr. W. Preyer, Wiesbaden, Villa Panorama.
— Prof. Dr. E. Pringsheim, NW., Flensburgerstrasse 14.
— Dr. M. Prytz Kopenhagen, Falkonergaardsvej 12.
— Prof. Dr. G. Quincke Heidelberg, Friedrichsbau.
— Dr. R. Radau Paris.
— Dr. A. Raps, SW., Yorkstr. 66.
— Prof. Dr. Recknagel Augsburg.
— Prof. Dr. O. Reichel Charlottenburg, Bismarckstr. 126.
— Dr. W. Reiss, Schloss Könitz (Thüringen).
— Renisch, Essen.
— Prof. Dr. F. Richarz Greifswald.
— Dr. E. Richter, Charlottenburg, Knesebeckstrasse 90.
— Prof. Dr. E. Riecke, Göttingen.
— Dr. R. Ritter, München.
— Dr. M. v. Rohr, Jena.
— Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlstrasse 24.
— Prof Dr. O. Rosenbach, W., Victoriastrasse 20.
— Prof. Dr. J. Rosenthal, Erlangen.
— Director Dr. F. Roth, Leipzig.
— Prof. Dr. H. Rubens, W., Ansbacherstrasse 13.
— Prof. Dr. Fr. Rüdorff, Char-

Hr. Prof. Dr. Rühlmann, Chemnitz.
— Prof. Dr. C. Runge, Hannover.
— Prof. Dr. Saalschütz, Königsberg in Pr.
— Prof. Dr. P. Schafheitlin, Charlottenburg, Joachimsthalerstr. 1.
— Dr. K. Scheel, Dtsch. Wilmersdorf b. Berlin, Holsteinischestr. 1.
— Prof. Dr. J. Scheiner, Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. R. Schelske, NW., Beethovenstrasse 3.
— Prof. Dr. V. Schemmel, S., Urbanstrasse 176.
— Dr. Schenk, N., Strassburgerstr. 2.
— Prof. Dr. K. Schering, Darmstadt Hoffmannstrassse 48.
— M. Schlegel, W., Bellevuestr. 15.
— Dr. A. Schmidt, Gotha.
— Dr. Erich Schmidt, W., Passauerstrasse 39.
— Dr. Schönach Innsbruck.
— Dr. O. Schönrock, Charlottenburg, Bismarkstrasse 96.
— Prof. Dr. J. Scholz, S. Hasenheide 54.
— Prof. Dr. P. Scholz Steglitz, Fichtestr. 34.
— Dr. R. Scholz, Charlottenburg, Kantstrasse 147.
— Prof. F. Schotte, SW., Grossbeerenstrasse 27a.
— Dr. P. Schottländer, Charlottenburg, Göthestrasse 87.
— Dr. Schülke Osterode O./Pr.
— Dr. Franz Schütt, W., Kleistst. 31.
— Prof. Dr. B. Schwalbe, NW., Georgenstrasse 30/31.
— Dr. G. Schwalbe, NW., Georgenstrasse 30/31.
— R. Seebold, W. Landgrafenstr. 16.
— Frhr. v. Seher-Thoss, W., Hohenzollernstrasse 11.
— Dr. G. Sieben in Gross-Lichterfelde, Sternstr. 9.
— Dr. Siebert, Gross-Lichterfelde, Potsdamerstrasse 61.
— Wil. v. Siemens, W., Thiergartenstrasse 10.
— Prof. Dr. P. Silow, Warschau.
— Dr. W. Sklarek, W., Lützowstrasse 63.
— Prof. Dr. A. Slaby, Charlottenburg, Sophienstrasse 4.
— Dr. P. Spies, Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. A. Sprung, Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Dr. K. Strecker, Gross-Lichterfelde, Promenadenstrasse 9.

Hr. Prof. Dr. V. Strouhal, Prag, Clementinum.
— Dr. R. Süring, Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Prof. Dr. M. Thiesen, Friedrichshagen, Ahornalle 10.
— Dr. B. v. Tietzen-Hennig, Posen.
— Prof. H. Thurein, N., Chausseestrasse 40.
— Dr. Fr. Vettin, SW., Bernburgerstrasse 24.
— Prof. Dr. R. Virchow, W., Schellingstrasse 10.
— Prof. Dr. H. C. Vogel Potsdam, Astrophysik. Observat.
— Prof. Dr. H. W. Vogel, Grunewald-Colonie, Schinkelstr. 4.
— Prof. Dr. P. Volkmann Königsberg i. Pr.-Tragheim, Kirchenstrasse 11.
— Dr. R. Wachsmuth, Göttingen, Grüner Weg 4.
— Prof. Dr. A. Wangerin Halle a. S., Burgstrasse 27.
• — Prof. Dr. E. Warburg, NW., Neue Wilhelmstrasse 16.
— Dr. C. L. Weber, SW., Yorkstrasse 9.
— Prof. Dr. H. F. Weber, Zürich.
— Prof. Dr. L. Weber Kiel.
— Prof. Dr. W. Wedding, W., Kurfürstenstrasse 111.
— Prof. Dr. K. Weierstrass, W., Friedrich Wilhelmstrasse 14.
— Prof. Dr. J. Weingarten, W., Regentenstrasse 14.
— Prof. Dr. B. Weinstein, S., Urbanstrasse 1.
— Dr. K. Wesendonck, W., Wilhelmstrasse 66.
— Prof. H. F. Wiebe, Charlottenburg, Leibnitzstrasse 78a.
— Dr. E. Wiechert, Königsberg i. Pr.
— Prof. Dr. G. Wiedemann Leipzig, Thalstrasse 35.
— Prof. Dr. E. Wiedemann Erlangen.
— Dr. M. Wien, Würzburg. Pleicher Ring 8.
— Prof. Dr. W. Wien, Westend bei Berlin, Rüsternallee 8.
— Prof. Dr. O. Wiener, Giessen.
— Prof. Dr. J. Wilsing Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. W. Wolff Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. A. Wüllner Aachen.
— R. Wurtzel, NW., Luisenstrasse 62.
— Prof. Dr. W. v. Zahn, Leipzig.

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

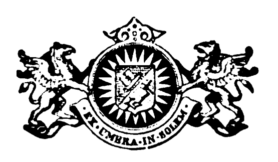
im Jahre 1897.

Sechszehnter Jahrgang.

Herausgegeben

von

Arthur König.



Leipzig, 1897.

Verlag von Johann Ambrosius Barth.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Inhaltsverzeichniss*).

*) An den durch die fettgedruckten Seitenzahlen bezeichneten Stellen finden sich ausführlichere Mittheilungen über die betreffenden Gegenstände.

Jahrg. 16. Nr. 1.

Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 8. Januar 1897.

Vorsitzender: Hr. W. von Bezold.

Der Vorsitzende eröffnet die Sitzung mit der nachstehenden Ansprache:

Meine Herren! Indem ich die erste Sitzung des Jahres 1897 eröffne, muss ich vor Allem des überaus schweren Verlustes gedenken, den unsere Gesellschaft kurz vor dem Schluss des alten Jahres erlitten hat, und der einen dunklen Schatten noch weit in das neue hineinwirft:

Emil du Bois-Reymond

ist am 25. December nach längerem Leiden, aber schliesslich doch rasch und unerwartet aus seinem an Erfolgen und Ehren so reichen Leben geschieden.

Es ist nicht meine Sache, die Verdienste zu schildern, welche sich der scharfsinnige Forscher um die Wissenschaft, sowie der Meister der Sprache um das gesammte geistige Leben Deutschlands erworben hat, dies soll heute in vierzehn Tagen von berufenerer Seite geschehen, dagegen kann ich nicht umhin, wenigstens mit einigen Worten schon vorläufig der hervorragenden Stellung zu gedenken, welche der Dahingeschiedene in unserer Gesellschaft eingenommen hat,

und des empfindlichen Schlages, den gerade sie durch sein Ableben erlitten hat.

Die physikalische Gesellschaft verliert in ihm nicht nur ihren langjährigen Ehrenpräsidenten, nicht nur ihr ältestes ortsanwesendes Mitglied, das letzte aus dem Kreise ihrer Stifter, aus welchem überhaupt nur noch Geheimrath KARSTEN in Kiel unter den Lebenden weilt, sondern auch ihren wärmsten und treuesten Freund und Förderer, ihren umsichtigen und einflussreichsten Beschützer.

Kein einziges ihrer Mitglieder hat der Gesellschaft vom Tage ihrer Gründung bis heute so nahe gestanden, kein einziges hat sich um die Gesellschaft so hohe Verdienste erworben, wie unser dahingegangener Ehrenpräsident.

Mochte er durch seine Forschungen oder durch die Last der ihn obliegenden Geschäfte noch so sehr in Anspruch genommen sein, für die physikalische Gesellschaft hatte er immer Zeit. Bis in sein letztes Lebensjahr hinein konnten ihn nur die allerzwingendsten Gründe bewegen, einer Sitzung fern zu bleiben, und die Zahl der Fälle, in denen dies eintrat, dürfte während des zweiundfünfzigjährigen Bestehens der Gesellschaft nur eine unglaublich geringe gewesen sein.

Alle Erfolge, deren er sich rühmen konnte, alle Ehren die ihm zu Theil wurden, änderten nichts in seiner Stellung zu der Gesellschaft.

In guten wie in schlimmen Zeiten hielt er treu zu ihr, in ernster Arbeit sowie im geselligen Verkehr, und noch bei Gelegenheit des fünfzigsten Stiftungsfestes, das vor zwei Jahren wegen der vorhergegangenen traurigen Ereignisse nur in kleinem Kreise begangen wurde, während die eigentliche Feier erst ein Jahr später stattfand, hob er mit Stolz hervor, dass er keines dieser Feste versäumt habe, welche

damals bereits fünfzig Male die Mitglieder der Gesellschaft zu heiterem Mahle vereinigt hatten.

Wie er bis in sein hohes Alter den Vorträgen an den Sitzungsabenden mit Aufmerksamkeit folgte, wie er sich noch vor mehreren Jahren mit Eifer und Interesse an den Discussionen betheiligte, dies alles steht noch zu lebhaft vor uns, als dass es nöthig wäre, dies hier noch besonders zu betonen.

Durch seinen Tod ist eine klaffende Lücke in das Leben der Gesellschaft gerissen. Mit Emil du Bois-Reymond ist der letzte der leuchtenden Sterne erblichen, welche der jugendlichen Gesellschaft schon in den ersten Jahren ihrer Wirksamkeit so unvergleichlichen Glanz verliehen haben. Aber die Erinnerung an ihn wird nicht erblassen und die physikalische Gesellschaft wird ihm ein dankbares Gedächtniss bewahren, so lange sie bestehen wird und so lange sie den geistigen Mittelpunkt bildet, für alle, denen die Förderung physikalischer Forschung und die Ausbreitung und Anwendung physikalischen Denkens und physikalischer Methoden auf immer weitere Gebiete am Herzen liegt.

Hr. **F. Kohlrausch** sprach dann

über electrische Widerstandsbestimmungen.

Hr. **H. Rubens** berichtete über gemeinsam mit Hrn. **E. F. Nichols** ausgeführte

Versuche mit Wärmestrahlen von grosser Wellenlänge.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 16. Nr. 2.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Gemeinsame Sitzung der Physikalischen und der Physiologischen Gesellschaft im grossen Hörsaale des Physiologischen Instituts zu Berlin

am 22. Januar 1897.

Hr. **W. von Bezold** (als Vorsitzender der Physikalischen Gesellschaft):

Hohe Versammlung! Es ist ein trauriger Anlass, der heute zwei wissenschaftliche Gesellschaften Berlins, die physikalische und die physiologische zu einer gemeinsamen Sitzung vereinigt.

Sie gilt dem Gedächtniss des grossen Gelehrten, dem beide in erster Linie ihre Stiftung verdanken, in dem beide ihr ältestes und verdientestes Mitglied verehrten, der beiden vom ersten Tage ihres Wirkens bis zu seinem Tode unverändert die gleiche Treue und Anhänglichkeit bewahrt hat, sie gilt der Erinnerung an

Emil du Bois-Reymond.

Seit 52 Jahren versammeln sich die Mitglieder der Physikalischen Gesellschaft an jedem zweiten Freitag zu Vorträgen und Besprechungen über physikalische Fragen; seit 22 Jahren tritt in den dazwischen liegenden Wochen die physiologische Gesellschaft an dem gleichen Tage und zur gleichen Stunde zur Verfolgung ähnlicher Zwecke auf physiologischem Gebiete zusammen.

An den beiderlei Sitzungen nahm du Bois-Reymond regelmässig bis in sein hohes Alter mit ungeschwächtem Interesse

theil, und es wird abgesehen von den Ferienzeiten, im Laufe der langen Jahre nur wenige Freitage gegeben haben, an denen man ihn nicht hier oder in dem Nebenhause als Präsidenten oder Ehrenpräsidenten, an der Spitze der Gesellschaft gesehen hätte, die gerade ihre Zusammenkunft abhielt.

Heute tagen sie zum erstenmal vereint, in gemeinsamer Trauer um den schweren Verlust, der sie beide in gleichem Maasse getroffen hat, zu Ehren des dahingegangenen grossen Forschers, dessen Erfolge und dessen Ruhm gerade darin wurzelten, dass er der Physik und der Physiologie gleich nahe stand, und dass er den Vorgängen im lebenden Organismus mit physikalischem Denken und mit physikalischen Methoden näher trat.

Was er in dieser Hinsicht geleistet, welchen Einfluss er auf die Entwicklung der Wissenschaft geäussert, wie er sich, ausgehend von seinen speciellen Forschungen, zu immer grösserer Allgemeinheit emporgeschwungen und durch seine Reden tief eingegriffen hat in das Geistesleben der Nation, dies soll sogleich von berufenerer Seite dargelegt werden.

Dementsprechend gebe ich Hrn. Prof. J. Rosenthal das Wort und bitte ihn, die gütigst zugesagte Gedächtnissrede halten zu wollen.

Hr. J. Rosenthal:

Hochansehnliche Versammlung, verehrte Collegen und liebe Freunde!

Die Bedeutung eines hervorragenden Mannes zu würdigen und ihr, wenn auch mit Liebe, so doch mit strenger Unparteilichkeit in dem Rahmen eines kurzen Vortrages gerecht zu werden, ist sicherlich eine schwere Aufgabe. Sie wird noch erschwert, wenn es sich um einen Mann handelt, welcher in verschiedenen Gebieten Grosses geleistet hat, wie schon die Stellung beweist, die er als langjähriger Präsident und Ehrenpräsident der physikalischen, als Vorsitzender der physiologischen Gesellschaft während der ganzen Dauer ihres Bestehens eingenommen hat. Sie wird vollends schwierig, wenn sich ganz von selbst die Erinnerung aufdrängt an die Meisterschaft,



mit welcher der Verstorbene Lebensbilder zu entwickeln verstand, denen gegenüber zweifelhaft bleibt, was man mehr bewundern soll: die ausserordentliche Gelehrsamkeit, das verständnissvolle Eindringen in die verschiedenartigsten Gebiete des Wissens, oder den Schwung der Gedanken und der Sprache, die er zu handhaben verstand wie ein geschickter Experimentator seine wissenschaftlichen Apparate, mit Hülfe derer er vor den Augen seiner Zuhörer die verwickeltsten Naturvorgänge wiedererstehen lässt, oder endlich das liebevolle Versenken in die feinsten Regungen der Geistesthätigkeit seiner Helden, gleich als hätte er alle Regungen ihrer Seele miterlebt und mitempfunden.

Denn du Bois-Reymond war nicht nur ein grosser Physiker und Physiologe, er war auch ein echter Historiker.

Ich denke, wenn ich ihn so nenne, nicht in erster Linie an die musterhaften Beiträge zur Geschichte specieller Zweige der Wissenschaft, welche er der Darstellung seiner eigenen Untersuchungen einverleibt hat, sondern vielmehr an jene formvollendeten Schilderungen, die er in seinen Reden von vergangenen Zeiten gab, von Menschen und ihren Bestrebungen, von dem ersten Entstehen und der allmählichen Entwicklung der Ideen, an seine Beiträge zur Culturgeschichte, deren selbständigen Werth neben dem, was man sonst schlechtweg als „Geschichte" zu bezeichnen pflegt, er selbst so schön und treffend hervorgehoben hat.[1])

In seinem Geiste lebte die Vergangenheit, in seiner Darstellung wurde sie wieder lebendig auch für uns andere, mochte er uns einführen in die Gedankengänge der alten Naturforscher und Philosophen, oder in die Gesellschaft jener Männer aus der Zeit der Aufklärung, oder in die von ihm besonders geliebte Tafelrunde des grossen Friedrich. Wie in den Schöpfungen des ihm eng befreundeten grossen Altmeisters des Griffels und der Palette jene Gestalten unserm Auge wiedererstanden sind, so hören wir in du Bois-Reymond's Schilderungen ihre geistvollen Gespräche, vernehmen ihr feines oder auch sarkastisches Lächeln, lernen von ihnen erhabene Gedanken oder beobachten ihre kleinen Schwächen mit dem milden Auge des Menschenfreundes, der auch in den Fehlern noch die gute Seite eines Jeden zu finden weiss.

Man hat mit Recht behauptet, die Geschichte könne nur von reiferen Männern richtig gewürdigt werden. Das gilt, mehr noch als von der äusseren Geschichte der Völker, Staatsmänner und Feldherren, von der Geschichte der Wissenschaften. Darum halte ich es auch für übertrieben, wenn so oft der unhistorische Sinn unserer studirenden Jugend beklagt, wenn getadelt wird, dass Vorlesungen über Geschichte der Medicin so selten gehalten oder, wenn gehalten, nicht gehört werden. Wer in die Wissenschaft selbst erst eingeführt werden soll, für den wird eine chronologische Aufzählung der im Laufe der Zeit sich ablösenden Lehrmeinungen oder der einzelnen Entdeckungen taubes Gestein und darum langweilig sein. Anders aber, wenn, wie es du Bois-Reymond empfohlen hat, der Lehrvortrag eines jeden Faches selbst von historischem Geiste getragen und an der Hand der Geschichte die Wissenschaft, wie sie jetzt ist, gleichsam wie aus ihren Bausteinen aufgebaut wird. Gerade in den inductiven Wissenschaften ist der historische Gang vielfach auch der einer natürlichen und logischen Entwickelung. Versteht es der Lehrer in diesem Sinne vorzutragen, so wird er nicht nur seine Zuhörer fesseln, er wird auch in ihnen den Sinn und das Verständniss für die geschichtliche Betrachtung wecken.

Solchen Bestrebungen kommt zu statten, dass die Methoden der Forschung in den inductiven Wissenschaften und in der Geschichte nicht so verschiedenartig sind, als wohl vielfach geglaubt wird. Und damit erklärt sich auch, wie in einem Manne von der Art du Bois-Reymond's die Begabung für diese beiden, sonst getrennten Gebiete vereinigt sein und herrliche Früchte zeitigen konnte. Freilich genügt für eine solche Geschichte der Wissenschaften nicht die trockene Aneinanderreihung von Daten und Ergebnissen; es genügt nicht, dass der sehr gelehrte Historiker Hunderte von alten Folianten durchgelesen und excerpirt hat; nein, wir wollen erfahren, wie es kam, dass Lehrmeinungen entstanden und wieder vergangen, von anderen sogenannten Systemen abgelöst worden sind. Zu solcher Geschichtsdarstellung bedarf es eines weiten Blicks. Die Methode der Einzelforschung dagegen ist nicht so sehr verschieden von der in den sogenannten inductiven Wissenschaften. In beiden Fällen handelt es sich zunächst



darum, Thatsachen festzustellen, die Zeugnisse für dieselben auf ihre Zuverlässigkeit zu prüfen, um schliesslich zur Wahrheit, oder, wo diese nicht zu finden ist, zur grössten Wahrscheinlichkeit zu gelangen. Ob die Thatsachen durch Beobachtung und Versuch, oder ob sie durch kritische Prüfung der Zeugnisse aus Archiven oder aus anderen Berichten der Zeitgenossen gewonnen werden, ist für die wissenschaftliche Verwerthung von verhältnissmässig untergeordneter Bedeutung. Diese nimmt erst nach Sicherung der thatsächlichen Unterlagen ihren Anfang.

Es könnte nach dem Gesagten auffallend erscheinen, warum du Bois-Reymond bei seinem Uebergang von der Theologie zur Naturwissenschaft nicht von der Geologie, mit der er sich zuerst beschäftigte, dauernd gefesselt wurde, da doch die Geologie an sich schon eine historische Wissenschaft ist, mehr als mancher andere Zweig der Naturwissenschaft. Die Erklärung liegt nahe. Als du Bois-Reymond am Ende der dreissiger Jahre seine geologischen Studien begann, hatte die Geologie die ihr gemässe Form historischer Forschung noch nicht gefunden. Das thatsächliche Material war noch zu gering; statt aber geduldig die Feststellung der Thatsachen anzustreben und abzuwarten, bis dies gelungen, suchte man die klaffenden Lücken durch kühne Hypothesen zu überbrücken und, dem Geist der damals noch mächtigen Naturphilosophie entsprechend, aus willkürlich ersonnenen Theorien die fehlenden Thatsachen zu construiren. Das konnte einen wahrhaft historisch veranlagten Geist nicht fesseln. Ich bin zu dieser Auffassung durch Aeusserungen aus du Bois-Reymond's Munde gelangt, welche er gelegentlich eines Gespräches über die Vorlesungen des Dichters und Naturphilosophen Steffens machte. In anderen Zweigen der Naturwissenschaft, die gleichfalls ihrer Natur nach historisch sind, z. B. in der Phylogenie, spukt jenes Bestreben auch heute noch. Hat es doch sogar in der eigentlichen Geschichte selbst sein Wesen getrieben, wovon uns Buckle in seiner Geschichte der Civilisation ergötzliche Beispiele mittheilt.

Wie dem auch sei, wir können es nur als einen Gewinn für die Wissenschaft ansehen, dass du Bois-Reymond schliesslich bei der Medicin anlangte und auf diesem Wege der grosse

Physiker und Physiologe wurde, als welchen wir ihn heute feiern. Seit dem Jahre 1841, wo ihm sein Lehrer JOHANNES MÜLLER Mateucci's „Essai sur les phénomènes électriques des animaux" in die Hand gab, bis zu seinem Lebensende hat er im Dienste dieser Wissenschaften gearbeitet. Und wenn auch sein grosses Werk über thierische Electricität unvollendet geblieben ist, was er in dem langen Zeitraum von mehr als 50 Jahren geleistet hat, wird von dauerndem Werth für sie bleiben.

Unter JOHANNES MÜLLER hatte die Physiologie eine reiche Entwickelung erlangt. Noch war ihre Trennung von der vergleichenden Anatomie nicht vollzogen; aber auch die rein morphologischen Untersuchungen, indem sie unsere Kenntniss von den verschiedenen, in der Thierreihe vorliegenden Organisationen erweiterten, bahnten ein besseres Verständniss der Lebensvorgänge an. Daneben wurde die von HARVEY (1619) begründete experimentelle Physiologie durch JOHANNES MÜLLER selbst, durch die Gebrüder WEBER, durch MAGENDIE u. A. eifrig gepflegt. Neben der fortschreitenden Erkenntniss des feineren Baues der Gewebe wurden die Errungenschaften der Physik und Chemie für das Verständniss des Kreislaufes, der Athmung, der Verdauung, der Sinnesthätigkeiten nutzbar gemacht. Aber die Verbindung mit Chemie und Physik blieb eine lockere. Gerade das, was der Physiologie am wichtigsten gewesen wäre, war zum grossen Theil den Physikern und Chemikern selbst noch unbekannt. Diese hatten genug zu thun, um die ihnen näher liegenden Aufgaben zu lösen. Von der Physiologie wussten sie, von einzelnen Ausnahmen abgesehen, in der Regel so wenig, dass sie sich daran gewöhnt hatten anzunehmen, die Gesetze, welche sie erforschten, hätten in den lebenden Wesen keine Geltung. JUSTUS LIEBIG, der es als einer der ersten unternahm, mit der Fackel der Chemie das dunkle Getriebe des Thier- und Pflanzenlebens aufzuhellen, war doch selbst von jener Ueberzeugung so durchdrungen, dass er den chemischen Wirkungen, bei aller Wichtigkeit, die er für sie zur Aufklärung einzelner Vorgänge in Anspruch nahm, nur eine secundäre Rolle, gleichsam unter Oberaufsicht der „Lebenskraft" zuschrieb. Trotz aller Förderung, welche die Physiologie diesem grossen Chemiker verdankt, war sein Wirken doch wegen der Willkür, mit der er

über noch nicht genügend erforschte Fragen der Physiologie urtheilte, häufig ein verderbliches, sodass die von du Bois-Reymond herrührende Bezeichnung Liebig's als „Geissel Gottes, welche in unseren Tagen über die Physiologen verhängt wurde“ [2]), der Sachlage vollkommen entsprach.

Johannes Müller's grosses Ansehen zog junge Männer von Begabung naturgemäss in seine Nähe. Nach Schwann und Henle traten fast gleichzeitig Ernst Brücke, Emil du Bois-Reymond, Hermann Helmholtz in diesen Kreis, jene drei, welche mit dem aus anderer Schule entsprossenen Karl Ludwig für mehr als ein Menschenalter die Führer der deutschen Physiologen, die Begründer der neuen Physiologie überhaupt werden sollten. Was jene drei auszeichnete, das war ihre damals noch ungewöhnliche gründliche Vorbildung in der Physik. Man kann sie ohne weiteres als in beiden Wissenschaften gleich heimisch bezeichnen. So kam es, dass die Mediciner Helmholtz und du Bois-Reymond (Brücke hatte kurz vorher Berlin verlassen) mit anderen Theilnehmern des Magnus'schen Colloquiums die Begründer der Physikalischen Gesellschaft wurden. Für die Physiologie aber entstand aus dieser Vereinigung eine neue Richtung. Die physikalische Physiologie, deren anerkanntes Haupt sehr bald du Bois-Reymond wurde, hat neue Wege erschlossen. Wenn sie neuerdings wieder etwas in den Hintergrund tritt, so bauen doch die heutigen Physiologen auf dem Grunde, der durch jene Männer urbar gemacht war, arbeiten mit Apparaten, die jene erfunden, und kein Physiologe wird heute seiner Wissenschaft gerecht werden, wenn er nicht des Geistes, der Helmholtz und du Bois-Reymond beseelte, einen Hauch verspürt hat.

Bei dem Studium der physikalischen und chemischen Erscheinungen an Lebewesen stösst der Forscher nicht selten auf Lücken in den Grunddisciplinen; er muss versuchen sie auszufüllen. Auf diese Weise haben Physik und Chemie manche Anregung und Erweiterung erfahren; so, um nur einiges zu erwähnen, in der Hydrodynamik, in der Lehre von der Diffusion. Besonders fruchtbar aber wurden du Bois-Reymond's electrische Arbeiten. Das von ihm construirte Inductorium, bei welchem er den Neeff'schen oder Wagner'schen Hammer in sinnreicher Weise verwendete, kann kein

Physiologe heute entbehren, und wir finden es in den Händen eines jeden Arztes. Aus ihm haben sich aber auch die mächtigen Inductorien entwickelt, welche zur Erzeugung der Röntgenstrahlen dienen; Physiologen wie Physiker bedienen sich des du Bois-Reymond'schen Schlüssels, der von ihm zu einem praktischen Werkzeug umgeformten Pohl'schen Wippe. Dem Nobili'schen Multiplicator hat er eine vor ihm nicht geahnte Empfindlichkeit gegeben, die Theorie der astatischen Nadelpaare hat er entwickelt. Als er statt des Multiplicators die Wiedemann'sche Bussole mit Spiegelablesung zu benutzen begann, unterwarf er die Schwingungen der Magnete unter dem Einfluss der Astasirung durch den Hauy'schen Stab und der Dämpfung einer genauen Untersuchung und stellte die Bedingungen der aperiodischen Bewegung schwingender Magnete fest. Er maass und berechnete den zeitlichen Verlauf der inducirenden und inducirten Ströme bei Inductorien und im Telephon. Die Poggendorff'sche Methode der Messung electromotorischer Kräfte verbesserte er so, dass sie nicht bloss bequemer, sondern auch sicherer und genauer wurde. Seine Untersuchungen über Flüssigkeitsketten, über innere Polarisation poröser, mit Flüssigkeiten getränkter Leiter, über Polarisation der Electroden und unpolarisirbare Combinationen von Metallen und Salzlösungen, über electrische Endosmose und die kataphorischen Wirkungen des Stromes, die electrische Fortführung in Flüssigkeiten suspendirter Pulver, über die Ströme beim Schütteln und Drücken der Electroden etc. sind durch das praktische Bedürfniss hervorgerufen, bei seinen physiologischen Untersuchungen hervorgetretene Erscheinungen aufzuklären, sie sind aber auch der reinen Physik zu gute gekommen. Doch auch ohne solchen Anlass hat er physikalische Fragen behandelt, so die Nobili'schen Ringe und die Thermoströme in Krystallen.

Neben der Electricitätslehre interessirte du Bois-Reymond ganz besonders die Lehre von der Diffusion, welche gleichfalls vielfach von Physiologen bearbeitet wurde, da sie auf wichtige Lebensvorgänge Licht zu werfen versprach. Eigene Untersuchungen hat er in diesem Gebiete nicht veröffentlicht. Nur in den Fortschritten der Physik berichtete er bis zu Anfang der sechziger Jahre kritisch und hier und da eigene Beob-



achtungen einflechtend über die einschlägigen Untersuchungen sowie über Electrophysiologie. Dann übernahm ich auf seinen Wunsch das Referat, gab es aber auf, als mit der weiteren Entwickelung die den Physikern und den Physiologen gemeinsamen Gesichtspunkte infolge der Zersplitterung in Einzelarbeit immer spärlicher wurden. Heute hat die Diffusionslehre infolge des Anstosses von Seiten der physikalischen Chemie erneute Bedeutung erlangt und wird wiederum von Physiologen eifrig betrieben.

Obgleich du Bois-Reymond, soviel ich sehen kann, die Mathematik nicht selbständig gefördert hat, beherrschte er sie doch so weit, dass er in seinen physikalischen Arbeiten überall da, wo es die Natur der Untersuchung zuliess, die experimentelle Forschung durch den mathematischen Calcül vervollständigen und zum theoretischen Abschluss bringen konnte. Aber auch da, wo dies nach der Sachlage unthunlich war, bediente er sich gern der mathematischen Ausdrucksweise. Man kann ja in vielen Fällen auch dann, wenn die quantitative Untersuchung zur Aufstellung einer Gleichung nicht ausreicht, die Beziehungen zwischen Grössenreihen unter dem Bilde der mathematischen Function darstellen. Diese, der analytischen Geometrie entlehnte Betrachtungsweise in der Physiologie einzubürgern, war sein stetes Bestreben. Sicher wird dadurch die Anschaulichkeit nicht selten gewinnen. Mit welchen Einschränkungen das Verfahren bei den meist ungenügenden Daten in der Physiologie verwendbar ist, hat er selbst klar dargelegt[3]); trotzdem hat er nicht verhindern können, dass von mancher Seite Missbrauch damit getrieben wurde. Den grössten Nutzen hat es der Physiologie indirect geleistet, indem es die Einbürgerung der graphischen Methoden begünstigt und dadurch zur Aufklärung verwickelter Vorgänge beigetragen hat.

Ich komme jetzt zur eigentlichen Lebensarbeit du Bois-Reymond's, der Untersuchung der electromotorischen Erscheinungen thierischer Gewebe. Sie begann 1841, 1843 wurden die wesentlichsten Ergebnisse in einer Reihe von Leitsätzen in Poggendorff's Annalen veröffentlicht, dann in seinem grossen Werke „Untersuchungen über thierische Electricität“ mit allen historischen Excursen, Beschreibung von Apparaten, Versuchs-

anordnungen, physikalischen Erläuterungen etc. dargestellt.[4]) Das Hauptergebniss dieser Untersuchungen lässt sich in folgende Sätze zusammenfassen:

Von allen in den thierischen Organen vorkommenden Geweben sind die Muskeln und Nerven allein im Stande, selbständig electromotorisch zu wirken; sie thun dies nur, so lange sie ihre Lebenseigenschaften bewahren. Abgestorbene Nerven und Muskeln sind wie alle anderen Gewebe unwirksam. Bei der Thätigkeit, welche in den Muskeln durch die Contraction, bei den Nerven durch die äusserlich nicht sichtbare Erregung, die aber auf andere Organe übertragen werden kann, erkennbar ist, erleiden jene von ihnen ausgehenden electromotorischen Kräfte Veränderungen, die negative Schwankung, wie sie DU BOIS-REYMOND nannte. Der Schlag des electrischen Organs muss eine dieser negativen Schwankung analoge Erscheinung angesehen werden. An den Nerven entdeckte DU BOIS-REYMOND ausserdem noch eine Veränderung der electrischen Spannungen unter dem Einfluss eines durch einen Theil des Nerven geleiteten constanten Stromes. An der Seite der Anode nehmen die Spannungen zu, an der Seite der Kathode ab und zwar in einem mit der Entfernung von den Electroden regelmässig abnehmenden Maasse. Diesen sogenannten electrotonischen Aenderungen der Spannung entsprechen, wie Hr. PFLÜGER später gefunden hat, Aenderungen der Erregbarkeit, welche an der Anodenseite herabgesetzt, an der Kathodenseite erhöht ist und zwar gleichfalls in regelmässig mit der Entfernung von den Electroden abnehmendem Maasse.

Man kann sich heutzutage kaum eine Vorstellung von den Schwierigkeiten machen, welche zur Feststellung dieser Sätze überwunden werden mussten. Um die Verbindung der zu untersuchenden thierischen Theile, welche electrisch als feuchte, von Electrolyten durchtränkte Leiter anzusehen sind, mit den metallischen Enden des zum Nachweis der Ströme dienenden Multiplicators herzustellen, ohne dass an diesen Enden, also ausserhalb der thierischen Theile, electromotorische Kräfte auftraten, bedurfte es langwieriger Vorbereitungen. War dies gelungen, so hatte man mit der Polarisation zu kämpfen, welche die mühsam errungene Gleichartigkeit der Multiplicatorenden oft wieder aufhob. Als im Jahre 1859 die

Einführung der gleichartigen und unpolarisirbaren Kombination: amalgamirtes Zink und Zinksulfat[5]) in die Technik der electrophysiologischen Versuche erfolgte, deren Anwendung es heute dem Schüler gestattet, nach kurzer Anweisung die Hauptversuche selbständig nachzumachen, war die grösste Arbeit längst gethan. Zur Untersuchung der Nervenströme reichten die damals vorhandenen Multiplicatoren nicht aus; du Bois-Reymond musste sich einen Multiplicator von genügender Empfindlichkeit erst herstellen, seine Eigenheiten studiren, die Ablenkung durch die Drahtmassen compensiren. Um Nerven und Muskeln zu reizen und die Reizstärke abstufen zu können, musste das Inductorium mit verschiebbarer secundärer Rolle (Schlitteninductorium) hergestellt werden. Alle diese Schwierigkeiten überwand du Bois-Reymond nicht etwa spielend. Schritt für Schritt drang er ein in das von ihm zu bebauende Gebiet, dem Pionier vergleichbar, der mit Axt und Feuerbrand dem Urwald in harter Arbeit den Boden abringt, auf dem er seinen Samen aussäen will.

Ich habe oben gesagt, dass Muskeln und Nerven electromotorisch wirken. Aber die Muskeln sind grossen Theils unregelmässig gebaut; nur wenige bestehen aus einander parallelen, von einem Ende des Muskels zum anderen reichenden Fasern. Schneidet man aus einem solchen ein beliebiges Stück heraus, das durch zwei parallele, zu der Faserrichtung senkrechte Schnitte begrenzt ist, so erhält man ein Gebilde, dessen Längsschnittflächen positiv sind gegen die Querschnitte; an den Längsschnitten ist die Mitte (der electromotorische Aequator) am positivsten, an den Querschnitten der Mittelpunkt am negativsten. Zerschneidet man ein solches Muskelstück in kleinere Stücke, so verhält sich jedes Stück genau so wie früher das ganze, ähnlich wie sich Bruchstücke eines Magnetstabes als ganze Magnete verhalten, jedes mit einem Nord- und Südpol und einer Zone schwächster Wirkung, dem magnetischen Aequator. Aehnliche Verhältnisse zeigen sich an Nerven, deren Fasern in den Nervenstämmen stets einander parallel liegen. Legt man die Querschnitte an den Muskeln schief an, sodass sie mit der Richtung der Fasern einen nichtrechten Winkel bilden, so ergeben sich Verschiebungen der Spannungsvertheilung: die stumpfen Ecken werden an den



Längsschnitten positiver, an den Querschnitten weniger negativ, die spitzen Ecken an den Längsschnitten weniger positiv, an den Querschnitten stärker negativ. Diese Verhältnisse gestatten, die Erscheinungen an unregelmässig gebauten Muskeln zu deuten.

Die erwähnte Aehnlichkeit des electromotorischen Verhaltens der thierischen Theile mit den Magneten veranlasste du Bois-Reymond zur Aufstellung einer Hypothese, welche der allgemein anerkannten Ampère'schen von der Constitution der Magnete nachgebildet ist. Muskeln und Nerven bestehen nach ihr aus regelmässig angeordneten Theilchen, den peripolar negativen Molekeln, welche dem Längsschnitt eine positive Mittel- oder Aequatorialzone, den Querschnitten negative End- oder Polarzonen zuwenden. Bei der Thätigkeit der Muskeln und Nerven und im Electrotonus sollen die Molekeln Lageveränderungen der Art erfahren, dass daraus die beobachteten Anderungen der Spannung folgen.

Es ist bemerkenswerth, dass die neueren Entdeckungen über den Bau der Muskelfasern sich mit der du Bois-Reymond'schen Vorstellung sehr gut vereinigen lassen. Man kann nämlich die kleinsten Theilchen, durch deren electrische Potentialdifferenzen die Erscheinungen an ganzen Muskeln oder beliebigen Stücken derselben erklärt werden sollen, sehr wohl mit dem zusammenstellen, was die Histiologen „Muskelkästchen" genannt haben. Nur thut man gut, die irreleitende Bezeichnung „Molekeln" fallen zu lassen und lieber von „Muskelelementen" zu sprechen oder einen ähnlichen unverfänglichen Ausdruck zu gebrauchen.[6]) Für den Nerven freilich ist ein analoger Parallelismus zwischen Strukturelementen und hypothetischen Trägern der electrischen Spannungen nicht so deutlich nachgewiesen. Ausserdem ist zu erwähnen, dass, wie Helmholtz gezeigt hat, die Spannungsvertheilung an der Oberfläche eines nach du Bois-Reymond's Hypothese mit electromotorischen Kräften erfüllten Leiters den thatsächlich vorhandenen Spannungen entspricht.[7])

Ich musste diese Auseinandersetzung vorausschicken, um klar zu machen, welche Bedeutung wir der seit dem Jahre 1867 zunächst von Hrn. L. Hermann begonnenen Bekämpfung der du Bois-Reymond'schen Lehren zuzuschreiben haben. Nach Hrn.

Hermann sind die beschriebenen, von du Bois-Reymond beobachteten Erscheinungen an den Muskeln und Nerven nicht, wie jener angenommen hatte, bedingt durch electromotorische Kräfte im Innern des Muskels oder Nerven, sondern sie entstehen erst durch die Anlegung der Querschnitte. An den Schnitten sterbe die lebende Substanz äusserst schnell bis auf eine gewisse Entfernung hin ab und diese abgestorbene Schicht verhalte sich negativ gegen die lebende. Es lässt sich nicht leugnen, dass man sich die Sache so vorstellen kann; aber daraus folgt noch nicht, dass man sie sich auch so vorstellen muss, dass jede andere Vorstellung, welche den Thatsachen gleichfalls gerecht wird, falsch sei. Allerdings hat du Bois-Reymond selbst nachgewiesen, dass die Muskelsubstanz, welche während des Lebens neutral oder zuweilen schwach alkalisch reagirt, beim Absterben sauer wird, und ebenso muss zugegeben werden, dass das Absterben an der Schnittstelle rasch eintritt. Aber nicht bewiesen ist, dass zwischen lebender und abgestorbener Muskelsubstanz eine electromotorische Wirkung bestehe, welche der Grösse und dem Vorzeichen nach derjenigen zwischen Längs- und Querschnitt des Muskels gleich ist. Das wird vielmehr von Hrn. Hermann als selbstverständlich vorausgesetzt. Für den Nerven fehlt es ferner an einer der Säuerung der Muskelsubstanz analogen Erfahrung. Beide Hypothesen stehen sich also zunächst höchstens gleichwerthig gegenüber und erst die Betrachtung der übrigen Thatsachen kann zu Gunsten der einen oder der anderen den Ausschlag geben. Hierfür soll nach der Ansicht vieler heutiger Physiologen entscheidend sein die sogenannte „Präexistenzfrage“, d. h. die Frage, ob an einem unversehrten lebenden Muskel überhaupt Potentialdifferenzen nachweisbar sind.

Nach den ersten Angaben du Bois-Reymond's sollten die sogenannten natürlichen Querschnitte eines Muskels, d. h. die vom Sehnengewebe überzogenen Enden der Muskelfasern gleichfalls negativ gegen den Längsschnitt sein. Als er dann später fand, dass natürliche Querschnitte weniger oder zuweilen gar nicht negativ sind, stellte er die Lehre von der parelectronomischen Schicht oder parelectronomischen Strecke auf, d. h. er nahm an, dass an den natürlichen Faserenden die Anordnung der electromotorisch wirksamen Theilchen eine

andere sei, als in den anderen Theilen der Faser. Von Hrn. Hermann wird die Präexistenz des Muskelstromes schlechtweg geleugnet. Findet man bei noch so sorgfältiger Präparation an einem vollkommen unversehrten Muskel den Querschnitt negativ, dann behauptet er, dass trotz aller Vorsicht dennoch etwas von dem Hautsecret an denselben gekommen sei, und es wird schwer sein, das Gegentheil zu beweisen. Wird aber keine Potentialdifferenz gefunden, dann erklärt er das für den normalen Zustand, was wiederum nicht widerlegt werden kann. Wir werden daher gut thun, die Präexistenzfrage als unentschieden anzusehen. Ja wir können sogar so weit gehen, mit Hrn. Hermann anzunehmen, ein normaler Muskel sei wirklich stromlos; was würde daraus für die du Bois-Reymond'sche Auffassung folgen?

Wenn die Muskelelemente in der Weise, wie du Bois-Reymond annahm, Träger electrischer Potentialdifferenzen sind, so lässt sich nach dem von Helmholtz entwickelten Princip der electromotorischen Oberfläche die Vertheilung der Spannungen an dieser Oberfläche berechnen. Ist der unversehrte Muskel stromlos, d. h. haben alle Punkte der Oberfläche gleiches Potential, dann muss man eine solche Aenderung in der Grundannahme machen, dass auch dieser Forderung genügt wird. Das leistet du Bois-Reymond's Annahme von der parelectronomischen Schicht. Sie ist also theoretisch durchaus zulässig.

Wem diese Betrachtungsweise nicht anschaulich genug erscheint, der wird vielleicht durch den Vergleich mit den Magneten den Sinn derselben leichter erfassen. Man denke sich einen Faraday'schen geschlossenen Ringmagneten, ein sogenanntes Toroid, wie man jetzt sagt. Ein solches Toroid zeigt nach aussen keinerlei magnetische Wirkungen. Schneidet man aber aus demselben einen Sector heraus, so werden dieser sowohl wie der Rest sich als Magnete erweisen, jeder Theil wird einen Nordpol und einen Südpol haben.

Angenommen, die ersten Magnete, welche den Physikern zu Händen gekommen, wären solche Ringmagnete gewesen. Hätte nicht ein findiger Kopf auf den Gedanken gerathen können, der nach dem Abfeilen eines Stückes auftretende Magnetismus wäre erst durch dieses Abfeilen entstanden? Er hätte gewiss auch irgend eine scharfsinnige Hypothese ersinnen

können, um das Auftreten anziehender und abstossender Wirkungen, die vorher nicht da waren, zu erklären. So aber hat der historische Gang der Erfahrung, welche uns erst mit natürlichen und künstlichen Magneten und ihren Eigenschaften, dann mit den Erscheinungen der magnetischen Induction, dem Electromagnetismus etc. bekannt machte, die Physiker zu der Auffassung geführt, dass ein jeder Magnet aus einer grossen Zahl kleinster Magnete bestehe, ja dass solche schon im unmagnetischen Eisen existiren, nur nicht regelmässig geordnet; und diese Auffassung hat selbst gegenüber der von Faraday herrührenden, jetzt erst zum Durchbruch kommenden Auffassung von den Kraftlinien Stand gehalten.

Die Veränderungen, welche bei der Thätigkeit in Muskeln und Nerven entstehen, hat du Bois-Reymond als „negative Schwankung“ bezeichnet, was zunächst nur besagt, dass sie entgegengesetztes Vorzeichen haben, wie die gewöhnlich von ihm beobachteten Ströme zwischen Längs- und Querschnitt. Ein wesentlicher Fortschritt in der Kenntniss derselben nach du Bois-Reymond's grundlegender Arbeit wurde von Hrn. Bernstein [8]) angebahnt, welcher zeigte, dass bei localer Reizung von Muskel- oder Nervenfasern gleichzeitig mit dem Erregungsvorgang und mit gleicher Geschwindigkeit eine electrische Veränderung sich fortpflanzt der Art, dass die erregte Stelle negativ wird gegen jede zurückliegende oder folgende ruhende Stelle. Hr. Hermann hat hierzu noch die Hypothese gefügt, dass bei Erregung des Muskels vom Nerven aus analoge negative Wellen von der Nerveneintrittsstelle aus nach den Enden der Muskelfasern hinlaufen. Er nennt die bei der Thätigkeit auftretenden Aenderungen der Potentialvertheilung „Actionsströme“. Der Name ist zweckmässig. Für unsere Auffassung ist es aber ohne Belang, ob die neu auftretende Wirkung sich zu einem Strom algebraisch hinzuaddirt, dessen Intensität einen positiven Werth hat oder den Werth Null.

Diese Veränderungen lassen sich, wenn man von der Hypothese du Bois-Reymond's ausgeht, leicht durch Lageänderungen der „Molekeln“ anschaulich machen. Hr. Hermann aber nimmt an, dass in den erregten Theilchen chemische Umänderungen Platz greifen, Zersetzungen oder Spaltungen einer hypothetischen Substanz, analog den Zersetzungen oder

Spaltungen beim Absterben; durch diese werde die erregte Stelle negativ. Unmittelbar darauf aber finde die Wiederherstellung der ursprünglichen Substanzen statt und damit höre die Potentialdifferenz auf. [9])

Man kann die Vorstellung du Bois-Reymond's eine mechanische oder physikalische nennen und im Gegensatz dazu die des Hrn. Hermann eine chemische. Es giebt, wenn ich so sagen darf, physikalische und chemische Köpfe. In der Vorstellung der einen stellt sich Alles, worüber sie nachdenken, unter dem Bilde von Bewegungen oder Lageveränderungen von Molekeln dar, bei den andern unter dem Bilde chemischer Vorgänge. Ich vermuthe, dass entscheidend dafür, welche Art von Vorstellungen den Vorrang gewinnen, die ersten und darum auch festesten Associationen sind, welche sich beim Nachdenken über wissenschaftliche Probleme gebildet haben. Solche feste Associationen werden schliesslich zu einer fast unwiderstehlichen Macht, welche anderen Vorstellungen den Eintritt in den Ideenkreis ganz und gar verwehrt.

Mir will jedoch scheinen, dass auch chemische Gesichtspunkte uns abhalten sollten, die Hermann'sche Auffassung für eine glückliche zu halten. Ein tetanisch contrahirter Muskel, der äusserlich keinerlei Gestaltveränderung aufweist, lässt einen Ton hören und zeigt dadurch an, dass in seinem Innern Bewegungen stattfinden. Bei willkürlich zusammengezogenen Muskeln entspricht der Ton 32 — 36 Schwingungen in der Secunde. Helmholtz hat es sehr wahrscheinlich gemacht, dass das, was wir hören, der erste Oberton ist, dass also eigentlich 16—18 Schwingungen in der Secunde statthaben. Wenn man aber einen Muskel von seinem Nerven aus durch schnell aufeinander folgende Inductionsströme reizt, dann entspricht die Tonhöhe genau der Anzahl der Reize. Man kann so leicht 500 bis 600 Schwingungen in der Secunde erzeugen. Und jeder dieser molecularen Bewegungen entspricht eine electrische Schwankung. Die Magnetnadel zwar kann diesen schnellen Schwankungen nicht folgen. Leitet man aber die Muskelströme durch den Nerven eines zweiten Muskels, so verfällt dieser in secundären Tetanus. Ist es nun, frage ich, leicht, sich vorzustellen, dass Spaltungen und Synthesen in den chemischen Bestandtheilen des Muskels mit diesen Geschwindigkeiten sich vollziehen?

Demgegenüber scheint mir die Vorstellung bewegter Molekeln, welche uns von den Erscheinungen des Magnetismus her geläufig ist, den Vorzug zu verdienen.

Auch du Bois-Reymond's Lehre vom Electrotonus der Nerven lässt Hr. Hermann nicht gelten. Nach ihm sind die betreffenden Erscheinungen nur Folgen der Polarisation eines von electrolytisch leitender Masse umgebenen Kernleiters. Ob unter letzterem der Axencylinder oder der ganze Inhalt der Nervenfaser zu verstehen sei, lässt er unentschieden, neigt aber mehr zu letzterer Ansicht. In diesem Falle wäre die electrolytisch leitende Hülle durch das Neurilemma, im ersteren durch die Markscheide gegeben. Einen Versuch, aus dieser Auffassung des Electrotonus die mit demselben verbundenen, von Hrn. Pflüger entdeckten Veränderungen der Erregbarkeit abzuleiten, hat er nicht gemacht. Ebensowenig hat er bewiesen, dass zwischen den in der Nervenfaser vorhandenen Substanzen Polarisation von der Stärke, wie sie zur Erklärung der Erscheinungen erforderlich wäre, auftritt.

Aus dem Gesagten geht wohl unwiderleglich hervor, dass an den thatsächlichen Feststellungen du Bois-Reymond's so gut wie nichts geändert ist und dass sich der ganze Streit nur um die hypothetischen Vorstellungen dreht. Alles Hypothetische ist aber nur ein Gleichniss. Hypothesen sind Formeln, durch welche eine Summe von Einzelthatsachen, in einen kurzen Satz zusammengefasst, dargestellt werden kann. Lassen sich aus dem Satz, wie aus dem Major in einem guten Syllogismus, durch Deduction Schlussfolgerungen ableiten, welche mit der Erfahrung übereinstimmen, dann ist die Hypothese gut. Müssen aber immer neue Hülfshypothesen gemacht werden, um jede Einzelerscheinung zu deuten, dann ist der Zweck der wissenschaftlichen Betrachtung, den Zusammenhang der Einzelthatsachen untereinander klar zu legen, nicht erreicht. Solche Hypothesen sind daher für den Fortschritt der Wissenschaft von geringem oder keinem Werth.

Mit seinem grossen Werke waren du Bois-Reymond's Arbeiten über die electromotorischen Wirkungen der thierischen Gewebe abgeschlossen. Die Nachträge zu demselben, deren letzte 1890 erschien, betreffen nur einzelne Fragen und ändern an dem Ganzen nichts Wesentliches. Dagegen be-

schäftigte ihn während dieser Zeit fortwährend das Problem der electrischen Fische.

Selbstverständlich mussten diese merkwürdigen Thiere, deren gewaltige Wirkungen über die electrische Natur derselben keinen Zweifel zulässt, ihn mächtig anziehen. Im Jahr 1857 gelang es ihm zum ersten Male, lebende electrische Fische (Malopterurus electricus aus Südafrika) in Berlin untersuchen zu können. Später erhielt er auch lebende Torpeden. Zum Studium der electrischen Gymnoten wurde auf sein Betreiben der leider kurz nach der Rückkehr auf einer Bergfahrt verunglückte Dr. Carl Sachs aus Mitteln der Humboldstiftung von der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften ausgesandt. Einen schönen Nachruf hat du Bois-Reymond diesem seinen begabten Schüler gewidmet [10]), das Ergebniss seiner Versuche hat er nach den hinterlassenen Tagebuchaufzeichnungen bearbeitet und nebst zwei anatomischen Abhandlungen des Hrn. Fritsch über Gehirn und Rückenmark und über das electrische Organ des Gymnotus als besonderes Buch herausgegeben. [11]) Aus den anatomischen Arbeiten von Bilharz, Boll, M. Schultze, Babuchin und Fritsch geht hervor, dass die electrischen Organe sozusagen umgewandelte Muskeln sind. Hieraus und aus den physiologischen Versuchen hat du Bois-Reymond den Schluss gezogen, dass auch in electrischer Beziehung die sogenannten electrischen Platten, welche als Grundelement der electrischen Organe anzusehen sind, den Muskeln ähnlich wirken und wie diese durch den Nerven zur Thätigkeit angeregt werden; der veränderten Structur ist es zuzuschreiben, dass diese Thätigkeit nicht als Contraction, sondern durch den electrischen Schlag sich äussert

Allgemein ist die Ansicht verbreitet, dass du Bois-Reymond in den von ihm festgestellten electromotorischen Erscheinungen an Muskeln und Nerven eine für die Erklärung ihrer Thätigkeit hochwichtige Eigenschaft, gleichsam das Geheimniss der Muskel- und Nervenwirksamkeit selbst, gefunden zu haben glaubte. Und in der 1848 geschriebenen Vorrede zu seinen Untersuchungen spricht er sich auch ziemlich zuversichtlich in diesem Sinne aus. [12]) Diese Zuversicht war nach seinen damaligen Erfolgen nur zu erklärlich. Nachdem Hausen in einem 1744 (ein Jahr nach seinem Tode) erschienenen Werke



zuerst die Ansicht ausgesprochen hatte, dass alle sogenannten Naturkräfte auf ein und dasselbe „Fluidum“ zurückgeführt werden könnten, als welches er die Electricität ansah, und dass dieses auch den „Spiritus animales“ der Nerven zu Grunde liege, nachdem GALVANI 1791 und bald darauf VOLTA den Grund zu der neuen Electricitätslehre, aber auch zu der späteren Electrophysiologie gelegt hatten, nachdem DU BOIS-REYMOND selbst 1843, genau hundert Jahre nach HAUSEN, Ströme in Muskeln und Nerven und ihre Veränderungen bei der Thätigkeit mit exacten Methoden, gemäss dem Standpunkte der damaligen physikalischen Kenntnisse, nachgewiesen hatte, lag es wohl nahe, die enge Zusammengehörigkeit beider oder gar ihre Identität anzunehmen. Aber schon im Jahre 1849, in dem Werke selbst[13]), spricht er sich viel vorsichtiger aus: „Es wird danach gerechtfertigt erscheinen,“ sagt er dort, „wenn wir die negative Schwankung fortan als das äussere Anzeichen der inneren Bewegung im Nerven betrachten, aus welchem sich jener Vorgang zusammensetzt, gerade wie wir die negative Schwankung des Muskelstromes als das Merkmal der inneren Bewegungen im Muskel betrachten, welche die Zusammenziehung zur Folge haben.“

In dieser Fassung kann der Satz auch heute noch als richtiger Ausdruck der uns bekannten Thatsachen gelten. Zwar haben manche jüngere Physiologen die electrischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven als etwas Accidentelles hinstellen wollen, indem sie die Erzeugung electrischer Potentialdifferenzen, ohne genügende thatsächliche Grundlagen, als eine allgemeine Eigenschaft aller lebenden Substanz ansehen.[14]) Dem ist aber nicht so. Ausser Muskeln, Nerven und den electrischen Organen der Fische zeigt nur noch ein Gewebe regelmässige electrische Erscheinungen, das Drüsengewebe. Wegen des unregelmässigen Baues der meisten Drüsen hat an allen Punkten ihrer Oberfläche das Potential entweder gleiche Werthe, oder die Differenzen sind ganz unregelmässig. Wo aber sogenannte einfache Drüsen in regelmässiger Anordnung nebeneinander stehen, ist die Gesetzmässigkeit ihrer Wirkungsweise nachweisbar.[15]) Es ist aber gewiss bemerkenswerth, dass, wie die Muskeln und die electrischen Organe der Zitterfische, auch die Drüsen unter dem Einflusse der Nerven stehen, und

dass sie wie jene durch Reizung ihrer Nerven zur Thätigkeit angeregt werden. In den Muskeln zeigt sich die Thätigkeit als Contraction, in den electrischen Organen als electrischer Schlag, in den Drüsen als Secretion. Aber die Erregung ist überall, in den Nerven wie in den von den Nerven aus erregbaren Organen, mit electrischen Schwankungen verbunden. Wir haben also allen Grund, diese electrischen Schwankungen als eine constante und darum auch wohl wesentliche Begleiterscheinung dessen anzusehen, was wir bei allen diesen Organen als specifische Erregbarkeit oder Reizbarkeit kennen, und was physikalisch als Auslösung potentieller Energie bezeichnet werden kann.

Als du Bois-Reymond im Jahre 1858 den Lehrstuhl Johannes Müller's bestieg, war seine wissenschaftliche Hauptarbeit im wesentlichen abgeschlossen. Neben der Ergänzung und Vervollständigung derselben beschäftigte ihn jetzt die Bereicherung des physiologischen Instrumentariums mit neuen Vorrichtungen und Versuchsweisen und die Ausgestaltung des physiologischen Unterrichts mit Unterrichtsmitteln. Viele Demonstrationsversuche, welche jetzt Gemeingut aller Lehrer der Physiologie sind, wurden damals ausgearbeitet und sorgfältig geprüft.[16]) Daneben entfaltete er eine rege Thätigkeit in der Ausbildung jüngerer Forscher. Aus den Ländern Europas sowie aus Amerika strömten Jünger herbei, von denen viele jetzt auf Lehrstühlen wirken. Nur das Physiologische Institut in Leipzig unter Ludwig's Leitung konnte sich einer gleichen Anziehungskraft rühmen; aber dieses Institut war mit einem damals noch ungewöhnlichen Aufwand von Mitteln neu eingerichtet, während du Bois-Reymond's Laboratorium aus zwei kleinen Zimmern und einem schmalen Gange im obersten Stock des Universitätsgebäudes bestand. Als dann endlich das grossartige Institut, in dem wir hier versammelt sind, nach du Bois-Reymond's eigensten Plänen entstand, konnte er, auf die Erfahrungen jahrelanger erfolgreicher Lehrthätigkeit gestützt, in ihm das Ideal seines Lebens verwirklicht sehen, der physiologischen Forschung und Lehre eine Stätte zu bereiten, in welcher alle Zweige dieser ausgedehnten Wissenschaft gleichmässig eine würdige Vertretung finden.

Was du Bois-Reymond seinen Schülern bieten konnte,



war vor allem die Unterweisung in der exacten Arbeit, in der Benutzung und Verwerthung der Hülfsmittel der verwandten Wissenschaften, namentlich der Physik, in der geschickten Verwendung der gegebenen, in der sinnreichen Erfindung neuer und zweckentsprechender Apparate. Auf ihn passt, was BENJAMIN FRANKLIN gesagt hat, dass niemand ein Physiker werden könne, der nicht im Nothfalle mit der Säge zu bohren oder mit dem Bohrer zu sägen im Stande wäre. Wie er selbst als junger Mann sich seine Apparate aus Glasplatten und Stäben, Kork und Siegellack gefertigt, wie er seinen ersten grossen Multiplicator für den Nervenstrom sich selbst gewickelt hatte, so lernte man von ihm sich seine Vorrichtungen mit geringen Hülfsmitteln herstellen und dennoch gute Untersuchungen machen. Waren die Apparate aber erprobt, dann liebte er es, sie zum Gebrauch Aller auf das Beste und mit einer gewissen Eleganz ausführen zu lassen, worin ihn sein stets hülfsbereiter Freund HALSKE und der vortreffliche SAUERWALD, den wohl noch manche der Anwesenden gekannt haben, wirksam unterstützten.

In den zwanzig letzten Jahren seines Lebens war DU BOIS-REYMOND's Arbeit fast ausschliesslich von seinen Geschäften als beständiger Secretär der Akademie der Wissenschaften und von seinen Amtspflichten in Anspruch genommen. Daneben aber laufen seine Bestrebungen zur Ausbreitung naturwissenschaftlicher Erkenntniss auch ausserhalb seines engeren Zuhörerkreises. Diese Bestrebungen haben ihn berühmt gemacht auch in solchen Kreisen, welche von seinen eigentlichen wissenschaftlichen Leistungen kaum etwas wissen; sie haben ihm viel Ruhm und Lob, aber auch viel Widerspruch und Anfeindungen zugezogen.

Zum Thema seiner akademischen Reden[17]) wählte er neben jenen historischen und literarischen Studien, von denen schon im Eingang die Rede war, gelegentlich auch allgemeine naturwissenschaftliche und philosophische Fragen. Er war ein eifriger Verfechter der DARWIN'schen Lehre, zu deren Ausbreitung und Begründung er auch in seinen öffentlichen Vorlesungen „über physische Anthropologie“ und „über einige neuere Fortschritte der Naturwissenschaften“ beigetragen hat. In der Philosophie vertrat er einen geläuterten Materialismus, der freilich weit

entfernt war von jenem seichten und groben Materialismus der fünfziger Jahre, dessen Vertreter in ihrer Unkenntniss über manche Schwierigkeiten des Problems sich mit leeren Redensarten hinwegsetzten, ohne das Hohle und Leere ihrer Phrasen zu merken. Durchdrungen von der Ueberzeugung, dass alle Naturvorgänge nur erkannt werden vermöge der uns durch die Sinne zugeführten Empfindungen, sah er in der mechanischen Auffassung jener Vorgänge unter dem Bilde von Bewegungen materieller Atome die einzig mögliche Art der wissenschaftlichen Erkenntniss. Um so nachdrücklicher wies er auf die Grenze dieser Erkenntniss hin, da, wie er ausführlich darlegte, die Vorstellung von Bewegungen materieller Theilchen niemals darüber Aufschluss giebt, wie aus diesen Bewegungen Empfindung und Bewusstsein entstehen könne. Wie man auch zu diesen höchsten Fragen, welche den menschlichen Geist seit Jahrtausenden bewegen, sich stellen mag, niemand wird leugnen, dass du Bois-Reymond redlich bemüht war, die Anschauungen, zu denen er als der Frucht seiner langen und tiefen Studien gelangt war, nach gewissenhafter Prüfung mit tapferem Freimuth auszusprechen, und dass er sie mit logischer Schärfe und mit einer gerade in der Discussion solcher Fragen seltenen Beredsamkeit vorgetragen und vertheidigt hat.

Unwillkürlich drängt sich bei Erwähnung dieser Schriften die Erinnerung an jene erste, allgemeine Fragen der Lebenslehre betreffende Abhandlung „über die Lebenskraft“ auf, welche du Bois-Reymond der Vorrede zu seinen „Untersuchungen über thierische Electricität“ einverleibt hat.[18]) Und wahrlich, der Glanz, welchen grössere Lebenserfahrung, vertiefte Studien, umfassendere Kenntniss der Literatur, geläuterter Stil den Schriften des reiferen Mannesalters verleihen, vermögen nicht das helle Licht zu verdunkeln, das von jener Arbeit ausgeht. Getragen von dem Bewusstsein, eine grosse Sache zu vertreten, kämpft der Verfasser mit feurigem Schwung und glühender Begeisterung für die von ihm erkannte Wahrheit gegen die damals trotz vereinzelter Angriffe noch unerschüttert herrschende Lehre. Und eben dadurch erklärt sich auch sein grosser und durchschlagender Erfolg.

Wie Karl der Grosse die Irmensäule stürzte, so sank unter den wuchtigen Hammerschlägen der du Bois-Reymond'-



schen Kritik jener Götze der Lebenskraft und eine geläuterte, wissenschaftliche Auffassung konnte ihren Einzug halten in den Gedankenkreis der Physiologen. Ein glückliches Zusammentreffen günstiger Umstände hatte gerade zu rechter Zeit auch in der Entdeckung des Gesetzes von der Unveränderlichkeit des Energievorraths die Richtschnur finden lassen, welche in der heutigen Physiologie allen Betrachtungen über Lebensvorgänge eine Stetigkeit verleiht, an der es damals noch fehlte. [19]) Ein zweiter glücklicher Umstand war es, dass zu gleicher Zeit durch Hrn. Virchow der Grund zu einer neuen wissenschaftlichen Pathologie gelegt wurde, welche auch die Mediciner den neuen Anschauungen zugänglicher machte. Darum zweifle ich nicht, dass die neue vitalistische Regung gegen welche auch du Bois-Reymond wieder Stellung genommen hat [20]), bald wieder verschwunden sein wird.

Du Bois-Reymond war ein ausgezeichneter Schriftsteller. Seine Schriften gehören zu dem Besten, was in deutscher Prosa geschrieben worden ist. Auch sein mündlicher Vortrag war stets sehr gewählt in Ausdrucksweise und Satzbau. Letzterer erinnert, wenigstens in den Schriften der früheren Jahre, daran, dass Französisch die Sprache seines elterlichen Hauses war, dass er an den glänzenden Schriftstellern jenes Landes sich ebenso sehr gebildet hatte wie an deutschen Mustern. Französisch war auch seine Vorliebe für einen gewissen Prunk der Sprache, für das, was die Franzosen „des grands mots“ nennen, für glänzende Bilder und geistreiche Antithesen. Das trat selbst in der gewöhnlichen Unterhaltung hervor, in der er oft durch Wendungen überraschte, von denen es zweifelhaft bleiben musste, ob sie geistreiche Eingebungen des Augenblicks waren oder glücklich angewandte Beispiele seines erstaunlichen Gedächtnisses.

Und dieser Kelte, in dessen Adern wohl kaum ein Tropfen germanischen Blutes rann, der von französischer Bildung durchtränkt, französische Literatur und Cultur auf das höchste schätzte, war doch ein echter deutscher Patriot, der flammende Worte fand, wenn es galt, fremde Ungebühr abzuwehren, der deutsches Wesen gegenüber fremdem mit liebevoller Sorgfalt psychologisch zu ergründen suchte. Das sollte denen zu denken geben, welche Rasseneigenschaften einen ungebührlichen Ein-

fluss auf das Denken, Empfinden und Handeln moderner Culturmenschen zuschreiben. Aber seine Liebe zu Deutschland hinderte ihn nicht, Schatten zu erkennen und Warnungsrufe zu erheben, wo er es für nöthig fand. Sein Patriotismus war echt, gerade weil er frei blieb von Selbstbespiegelung und schmeichelnder Verherrlichung der Fehler seines Volkes auf Kosten anderer.

Jetzt ist der beredte Mund verstummt, der so oft grosse und schöne Worte gesprochen. Mit ihm ist dahingegangen der letzte derer, welche um die Mitte unseres Jahrhunderts der experimentellen Naturwissenschaft neue Bahnen eröffneten. Einsamer und einsamer wurde es um ihn, aber noch hielt er sich aufrecht, einem knorrigen Eichbaum vergleichbar, der den Stürmen trotzt. Nun, da auch er gefallen, wie kurz vor ihm alle, die seinem Herzen nahe standen und zu denen wir mit bewundernder Ehrfurcht aufsahen, der feinsinnige Brücke, der geniale Helmholtz, der erfindungsreiche Siemens und so viele andere, beschleicht tiefe Wehmuth unsre Herzen! Denn ach! wir werden niemals Ihresgleichen sehn.

Hr. **W. von Bezold:** Ich glaube im Sinne der Mitglieder beider Gesellschaften, sowie aller Anwesenden zu handeln, indem ich dem Herrn Redner den Dank der Versammlung ausspreche.

Zum Schlusse aber fordere ich Sie auf, sich zu Ehren und zum Gedächtniss dessen, dem die heutige Sitzung gegolten hat, von den Plätzen zu erheben.

Anmerkungen.

1) Culturgeschichte und Naturwissenschaft. Reden 1. p. 240.

2) Untersuchungen über thierische Electricität 1. Vorrede p. XXVII.

3) Untersuchungen über thierische Electricität 1. Vorrede p. XXVI.

4) Der erste Band erschien 1848, der erste Theil des zweiten Bandes 1849, der zweite Theil, Bogen 1—24, 1864; Bogen 24—37, grösstentheils schon lange vorher gedruckt, wurden 1884 ausgegeben. Berlin bei G. Reimer. Einzelne Abhandlungen in den Monatsberichten der königl. preuss. Akademie und im Archiv für Anatomie und Physiologie in den Jahren 1856—1890, gesammelt in zwei Bänden 1875 und 1877, Leipzig bei Veit & Co.

5) Monatsber. der k. preuss. Akad. 1859. p. 443.

6) Vgl. Rosenthal, Allgem. Physiologie der Muskeln und Nerven. Leipzig 1877, p. 222 ff.

7) Helmholtz, Pogg. Ann. 89. p. 211 ff.; Rosenthal l. c. p. 228. Für das electrische Organ hat Kirchhoff eine mathematische Ableitung gegeben. du Bois-Reymond, Ges. Abh. 2. p. 637.

8) J. Bernstein, Monatsber. der k. preuss. Akad. 1867, p. 444 und Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsystem. Heidelberg 1871.

9) In seiner neueren Darstellung (Handb. der Physiol. 1. (1) p. 205 ff.) giebt Hr. Hermann diese seine Erklärung zwar in weniger bestimmter Weise wieder als in seinen ersten Publicationen; dass er sie aber noch für zutreffend hält, geht aus seinen Erörterungen über die Theorie der Contraction hervor (p. 250 ff.).

10) Deutsche Rundschau 18. p. 390. — Auch abgedruckt in den „Reden", 2. Folge, p. 384, und im Eingang zu dem Buch: Dr. Carl Sachs, Untersuchungen am Zitteraal. Leipzig, Veit & Co. 1881.

11) Vgl. die vorige Note.

12) Untersuchungen 1. p. XV.

13) Untersuchungen 2. Abth. 1, p. 563. 1849.

14) Die an Pflanzen (*Dionaea* u. a.) nachgewiesenen electrischen Erscheinungen haben eine ganz andere Bedeutung.

15) So in der Haut der Amphibien, wo schon du Bois-Reymond auf sie aufmerksam wurde, sowie in den Drüsen der Schleimhäute. Vgl. J. Rosenthal, Arch. f. Anat. u. Physiol. p. 301. 1865.

16) Die Apparate sind zum Theil beschrieben in der Abhandlung: „Beschreibung einiger Vorrichtungen und Versuchsweisen zu electrophysiologischen Zwecken". Abhandl. der k. preuss. Akad. 1862; Ges. Abhandl. 1. p. 145.

17) Sie sind nebst einigen ausserhalb der Akademie gehaltenen gesammelt erschienen unter dem Titel: Reden von Emil du Bois-Reymond bei Veit & Co. in Leipzig. 1. Folge 1886, 2. Folge 1887.

18) Untersuchungen **1.** p. XXXIV — L; abgedruckt in den Reden, 2. Folge, p. 8 ff.

1) Vgl. hierüber meinen Vortrag über Lavoisier, Verhandl. der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte. Versammlung zu Bremen. p. 113. Leipzig 1890; Biolog. Centralbl. p. 525. 1890.

20) Sitzungsber. der k. preuss. Akad. 1894. — Deutsche Rundschau **81.** p. 384.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 16. **Nr. 3.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 5. Februar 1897.

Vorsitzender: Hr. W. VON BEZOLD.

Der Vorsitzende verliest vor Eintritt in die Tagesordnung folgendes aus St. Petersburg eingelaufene Telegramm:

„Die russische Physikalische Gesellschaft sendet aufrichtiges Beileid und trauert mit Ihnen über den Tod des grossen Physikers DU BOIS-REYMOND.

Präsident PETRUCHEFFSKY."

Hr. **O. Krigar-Menzel** spricht dann über die in Gemeinschaft mit Hrn. **F. Richarz** ausgeführte

Bestimmung der Gravitationsconstante und der mittleren Dichtigkeit der Erde.

Hr. **H. J. van't Hoff** trug vor

über Löslichkeitsbestimmung durch Schmelzpunktserniedrigung.

Hr. M. PLANCK legt eine Mittheilung des Hrn. **A. Heydweiller** vor

über Rotationen im constanten electrischen Felde.

Hr. E. WARBURG legt dann eine Mittheilung der Hrn. **E. Wiedemann** und **G. C. Schmidt** vor

über das Fluorescenzspectrum des Natriums.

Ueber Rotationen im constanten electrischen Felde; von Adolf Heydweiller.

(Vorgelegt am 5. Februar 1896.)

(Vgl. oben p. 31.)

Unter obigem Titel hat vor kurzem Hr. QUINCKE eine Reihe merkwürdiger und anziehender Erscheinungen beschrieben [1]), bei denen Cylinder oder Kugeln aus Glas, Schwefel oder verschiedenen Krystallen zwischen zwei geladenen Condensatorplatten in Aether, Schwefelkohlenstoff, Benzol etc. in dauernde Rotation gerathen. Hr. QUINCKE erklärt diese Versuche durch die Wirkung des electrischen Feldes auf eine äusserst dünne Luftschicht zwischen den rotirenden Körpern und den Flüssigkeiten. Es ist bei dieser Erklärung nicht recht ersichtlich, woher die zur Erhaltung der Drehungsbewegung gegen die Reibungskräfte der Flüssigkeiten erforderliche Energie genommen wird.

Eine andere Deutung ergiebt sich aus der Verallgemeinerung oder Umkehrung eines von HEINRICH HERTZ behandelten Problems [2]), wenn man die Flüssigkeiten nicht als vollkommene Isolatoren, sondern als schlechte Leiter auffasst. Das von HERTZ aufgestellte Problem betrifft die Bewegung von Leitern m electrischen Felde, und enthält als Beispiel den Fall eines um seine Axe sich drehenden leitenden Rotationskörpers in einem constanten Felde, dessen Kraftlinien senkrecht zur Drehungsaxe verlaufen. Es zeigt sich, dass die Ladungen, die an der Oberfläche des ruhenden Cylinders auftreten (— an den Stellen grössten, + an denen kleinsten Potentials) durch die Bewegung mitgeführt werden, so dass die electrischen Kräfte ein die Bewegung hemmendes Drehungsmoment auf den rotirenden Leiter ausüben, das dem Producte aus specifischem Widerstand und Winkelgeschwindigkeit proportional ist; das Aequivalent für die verschwindende kinetische Energie bildet

1) G. QUINCKE, Wied. Ann. **59.** p. 417. 1896.

2) H. HERTZ, Wied. Ann. **13.** p. 266. 1881.

die JOULE'sche Wärme der durch die Bewegung im Innern des Leiters erzeugten Ströme. HERTZ machte auch darauf aufmerksam, dass die Erscheinung für irdische Geschwindigkeiten nur bei gewissen grossen Werthen des specifischen Widerstandes merklich werden kann, also bei Körpern, „die an der Grenze zwischen Halbleitern und schlechten Leitern stehen, so an den gewöhnlichen Glassorten, an Flüssigkeiten von der Leitfähigkeit des Petroleums, Terpentinöls etc.“

Ein Analogon zu diesen haben wir augenscheinlich in den von Hrn. QUINCKE beobachteten Erscheinungen. Hier rotirt z. B. ein fast vollkommener Nichtleiter, wie Quarz ⊥ zur Axe es ist, in einer schwach leitenden Flüssigkeit wie Aether oder Schwefelkohlenstoff zwischen zwei parallelen auf verschiedenes Potential geladenen Platten. Auch hier treten an der Oberfläche des Cylinders electrische Ladungen auf, die aber das entgegengesetzte Vorzeichen haben wie im vorbesprochenen Fall, nämlich + an Stellen höheren, — an Stellen niederen Potentials. Durch die Rotation des Cylinders und der anliegenden Leiterschichten werden auch diese Belegungen im Sinne der Drehung verschoben, und ergeben ein Drehungsmoment der electrischen Kräfte, welches jetzt die Drehung unterhält, und zwar auf Kosten der electrischen Energie, welche in dem sich selbst überlassenen Systeme schneller abnehmen muss bei rotirendem, als bei ruhendem Cylinder, da durch die Bewegung fortdauernd + Electricität nach Orten niederen Potentials übergeführt wird.

Von diesem Gesichtspunkt aus lässt sich ein grosser Theil der von Hrn. QUINCKE beschriebenen Erscheinungen erklären. Wenn dies nicht bei allen gelingt, so liegt das gewiss daran, dass die Bedingungen vielfach verwickelter sind, als bei der vorstehenden Betrachtung angenommen war, man insbesondere auch das Leitvermögen der rotirenden Körper, sowie die Uebereinanderlagerung von Verschiebungs- und Leitungsstrom zu berücksichtigen hat.

Ich halte es für wahrscheinlich, dass man in ähnlicher Weise auch eine vor längerer Zeit von Hrn. O. E. MEYER [1]) beschriebene auffallende Rotationserscheinung zu deuten hat:

1) O. E. MEYER, Die kinetische Theorie der Gase. p. 156, Anm. 3. Breslau 1877.

„Mit einem Radiometer, dessen Flügel auf der einen Seite aus Glimmer, auf der anderen aus geschwärztem Hollundermark bestehen, lässt sich leicht folgender Versuch ausführen. Man lässt das Mühlchen, z. B. unter dem Einflusse des diffusen Tageslichtes, langsam rotiren, wobei die Glimmerflächen vorangehen. Bewegt man dann eine geriebene Glasstange in derselben Richtung, wie die Flügel sich bewegen, um das Radiometer langsam im Kreise herum, so kehrt sich die Drehung des Mühlchens um.“

Die Erscheinung ist nur insofern noch verwickelter als die vorhergehenden, als der rotirende Körper kein Rotationskörper und von drei aufeinanderfolgenden verschiedenen Medien, verdünnter Luft, Glas, atmosphärischer Luft, umgeben ist. Ich habe die Bedingungen, unter denen sie zu Stande kommt, noch näher untersucht. Das Radiometer, an dem schon Hr. O. E. Meyer die Beobachtung gemacht hat, und mit dem der Versuch auch heute noch nach 20 Jahren vorzüglich gelingt, obwohl seine Lichtempfindlichkeit erheblich nachgelassen hat, hat 6 cm Durchmesser; das Aluminiumkreuz von 1 cm Armlänge trägt die auf der einen Seite geschwärzten, auf der anderen Seite mit Glimmer bedeckten runden Hollundermarkscheibchen von 1 cm Durchmesser. Bei sehr langsamer Drehung eines electrisirten Körpers um das Radiometer folgt das Kreuz der Bewegung desselben; sobald man aber die Geschwindigkeit des ersteren steigert, so dass er dem Kreuz dauernd voraneilt, kehrt die Bewegung des letzteren um. Der Versuch gelingt gleicher Weise mit + und − geladenen Körpern, mit geriebenen Isolatoren und geladenen Metallstücken, bei positiver und bei negativer Drehungsrichtung. Dagegen ist eine gewisse Stärke des electrischen Feldes erforderlich; bei schwacher Electrisirung oder grösserem Abstand des electrisirten Körpers folgt das Rädchen immer der Bewegung desselben. Gesteigerte Drehungsgeschwindigkeit beschleunigt auch die Bewegung des Rädchens etwas, aber nur bis zu einem gewissen Grade. Bei anderen Radiometern mit Metall- oder Glimmerflügeln, die mir noch zur Verfügung standen, gelang der Versuch nicht; es ist augenscheinlich, wie in den oben besprochenen Fällen, ein gewisses geringes Leitvermögen des rotirenden Körpers erforderlich.

Es liegt zunächst nahe, an Spitzenwirkung der ausströmenden Electricität und electrisches Flugrad zu denken. Dagegen spricht die Unwirksamkeit der Radiometer mit Metallflügeln, sowie die der einseitigen Glimmerbelegung auf den Hollundermarkflügeln.

Auch ist im Dunkeln, selbst bei völliger Verfinsterung und nach längerer Zeit, nicht die mindeste auf Spitzenentladung hindeutende Lichterscheinung wahrzunehmen. Nur bei Annäherung des electrisirten Körpers leuchtet das verdünnte Gas in der Röhre einmal kurz auf.

Man kann den Versuch auch in der Weise abändern, dass man, anstatt bei ruhender Röhre das electrische Feld rotiren zu lassen, die Röhre in ruhendem Felde zwischen zwei geladenen Condensatorplatten dreht. Nur ist er in diesem Falle weniger auffällig, da jetzt das Rädchen im gleichen Sinne wie die Röhre rotirt und dies auch ohne Erregung des Feldes infolge der Axenreibung geschieht. Nur ist es ohne Felderregung leicht, bei längerem gleichmässigen Drehen der Röhre das Rädchen in gleichem Tempo mitgehen zu lassen; nach Erregung des Feldes dagegen eilt das Rädchen der Drehung der Röhre fortdauernd merklich voraus.

Da das rotirende Radiometerrädchen nothwendig auf den electrisirten Körper eine Rückwirkung im Sinne einer Beschleunigung der Drehbewegung desselben ausübt, so müsste es möglich sein, falls man auch ihn um die Radiometeraxe leicht beweglich macht, eine dauernde Drehbewegung des Rädchens im einen Sinne, des electrischen Körpers im entgegengesetzten, natürlich auf Kosten der electrischen Energie, zu erhalten.

Versuche jedoch, diese Möglichkeit zu verwirklichen mit Hülfe eines leichten, aus Goldpapier und Glasfäden zusammengesetzten Systems sind mir nicht gelungen. Schwächere electrische Kräfte genügen nicht zur Ueberwindung der ziemlich bedeutenden Luftreibung, und bei stärkerer Electrisirung werden die Goldpapierkörper gegen die Glaswandung gezogen und bleiben daselbst haften.

Von anderen Vacuumröhren mit drehbaren Theilen zeigte nur noch eine der mir zur Verfügung stehenden eine hierher gehörige Erscheinung; es war eine Entladungsröhre mit zwei

in ihrer Ebene drehbaren Glimmerscheiben von Dr. H. GEISSLER Nachf., FRANZ MÜLLER in Bonn (Katalog von 1892 Nr. 3078). Diese Glimmerscheiben werden durch einen um die Röhre geführten electrisirten Körper bei jeder Geschwindigkeit desselben mitgezogen und drehen sich entsprechend bei Rotation der Röhre im constanten Feld entgegengesetzt wie diese. Die Drehung tritt auch bei schwachen Kräften sofort in der lebhaftesten Weise auf.

Auch hier werden sich an den verschiedenen Grenzflächen Ladungen ausbilden, die durch die Drehung mitgeführt zur Entstehung neuer Drehungsmomente der electrischen Kräfte Veranlassung geben. Ich hoffe noch ausführlicher auf diese Verhältnisse zurückzukommen.

Breslau, 1. Febr. 1897.

Anm. bei der Correctur: Gegen Hrn. Quincke's Erklärung wendet sich im letzten Hefte von Wied. Ann. auch Hr. Boltzmann.

Ueber das Fluorescenzspectrum des Natriums; von E. Wiedemann und G. C. Schmidt.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 5. Februar 1897.)
(Vgl. oben p. 31.)

In mehreren vor Kurzem erschienenen Abhandlungen haben wir nachgewiesen, dass die Dämpfe zahlreicher organischer Substanzen und ferner diejenigen des Kaliums und Natriums fluoresciren.

Das Spectrum des ersteren bestand, soweit sich bisher feststellen liess, aus einer continuirlichen Bande in Roth. Das Fluorescenzspectrum des Natriums zeigte dagegen Banden verschiedener Art und ausserdem die gelbe *D*-Linie.

Zu unseren früheren Versuchen stand uns nur die schwache Herbstsonne und electrisches Licht zur Verfügung. Um womöglich eine Reihe weiterer Einzelheiten festzustellen, haben wir die Sommersonne benutzt; Untersuchungen über die Luminescenz an dem aller Wahrscheinlichkeit nach einatomigen Natriumdampf bei der schwachen Erregung durch Licht, bieten ein besonderes Interesse.

Die Versuchsanordnung war im wesentlichen die früher beschriebene. Statt des kleinen Spectralapparates nach Kirchhoff und Bunsen wurde ein grosser mit ein, zwei oder drei Prismen benutzt. Da durch dieselben das Licht stark geschwächt wurde, so konnten Beobachtungen nur so lange angestellt werden, als das Glas der Kugel rein war. Infolge der Zersetzung desselben durch den Natriumdampf war dies nur sehr kurze Zeit der Fall und so wurden die Beobachtungen zeitraubend, indem eine grosse Anzahl von Kugeln zur Gewinnung von Beobachtungsreihen verwandt werden mussten.

Die Lage der einzelnen Theile des Fluorescenzspectrums wurde an einer Scala abgelesen, die in bekannter Weise geaicht war. Das Fluorescenzspectrum des Natriums besteht aus drei Theilen:

1. einer hellen Linie in Gelb; soweit wir feststellen konnten, fällt dieselbe genau mit der *D*-Linie zusammen.

2. einer nicht cannellirten Bande im Roth von 675 bis 602,5 $\mu\mu$.

3. einer Reihe von Banden in Grün und Blau etwa zwischen 527,6—480,5 $\mu\mu$.

Die letzteren zerfallen wieder in zwei Gruppen; diejenigen von 527 bis etwa 507,5 zeigen nach beiden Seiten gleichmässig abfallende Maxima, bei denjenigen zwischen 507,5—480,5 $\mu\mu$ ist die Helligkeit auf der brechbareren Seite wesentlich grösser und fällt nach dem Roth zu ab. Jede dieser Banden selbst setzt sich aus 2—3 einzelnen Linien zusammen. Die Beobachtung der letzteren ist recht schwierig, um so mehr als zur Auflösung der Banden ziemlich grosse Dispersion erforderlich ist. Wir theilen zwei Messungsreihen über die Grenzen λ_1 und λ_2 der einzelnen Banden mit. Unter *A* stehen die auf der einen Seite scharfen Banden, unter *B* die auf beiden Seiten verwaschenen. Wo nur eine Zahl unter *A* mitgetheilt ist, bezieht sie sich auf die scharfen Grenzen. Δ_1 ist der Abstand entsprechender Stellen, und zwar der brechbareren Bänder der einzelnen Banden, Δ_2 ist die Breite des Bandes.

	1 Prisma				2 Prismen			
	λ_1	λ_2	Δ_1	Δ_2	λ_1	λ_2	Δ_1	Δ_2
A	483,5				484,0	485,5		
A	486,5		3		486,5	487,5	2,5	1,5
A	489,5		3		489	490,3	2,5	1,3
A	492,6		3,1		492,0	493,2	3,0	1,2
A	495,5		2,9		495,5	496,7	3,5	1,2
A	500		4,5		499,5	501,5	4,0	2,0
A	504		4		503,8	505,5	4,3	1,7
B	507,5	509,5	3,5	2,0	508	510	4,2	2
B	511,9	514	4,4	2,1	512,3	514	4,3	1,7
B	516,3	518,7	4,4	2,4	516	518	3,7	2
B	521,0	523,0	4,7	2,0	521,5	524	5,5	2,5
B	525,4	527,6	4,4	2.2	526	529	4,5	3

Die einzelnen Beobachtungsreihen stimmen soweit dies bei den schwierigen Versuchsbedingungen zu erwarten war, überein. Eine Skizze des Spectrums giebt die Figur auf p. 39.

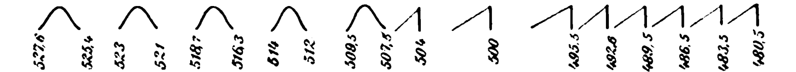
In der Anordnung der einzelnen Streifen zeigen sich Regelmässigkeiten. Die Abstände der Banden *A* wachsen vom Blau zum Grün, um für die letzten und ebenso für die Banden *B* den constanten Werth von ca. 4 $\mu\mu$ anzunehmen.

Das Fluorescenzspectrum des Natriums besitzt eine grosse Aehnlichkeit mit dem Absorptionsspectrum desselben.

Dass das letztere in Blau, Grün und Roth aus Banden besteht, haben schon SCHUSTER und ROSCOE angegeben, ohne aber Einzelheiten über den Bau der Banden mitzutheilen.

Genauere Beobachtungen zeigen, dass bis ziemlich weit im Blau nur andeutungsweise cannellirte Banden liegen, an sie schliessen sich im Grün deutlich cannellirte Banden an, die ganz den Charakter der Fluorescenzbanden tragen. Ihre Intensität fällt nach dem Roth langsam ab. Jede derselben besteht aus 2—3 Unterbanden β, die auch am brechbareren Ende am dunkelsten sind; sie sind durch einen kleinen Zwischenraum von einander getrennt. Der Abstand zwischen den Unterbanden β ist ungefähr gleich demjenigen der beiden

Fluorescenz-Spectrum des Natriums.



D-Linien. Wahrscheinlich besteht jede der Unterbanden β selbst wieder aus einzelnen Linien.

Im Roth liegt eine grosse Schaar von Banden, die von der brechbareren zur weniger brechbaren Seite abschattirt sind. Sie bestehen aus feinen, enggedrängten Linien, deren Abstand ca. $^1/_6 - ^1/_{10}$ des Abstandes der D-Linien beträgt. Haben wir es in den die einzelnen Absorptionsbanden zusammensetzenden Linien mit harmonischen Oberschwingungen zu thun, so würden diejenigen im Roth etwa der 6000. entsprechen, oder für die Grundschwingung würde die Wellenlänge ca. 0,5 cm sein.

Wir beabsichtigen die Spectren genauer auszumessen.

Für die enge Beziehung vom Fluorescenzspectrum und Absorptionsspectrum ist zu beachten, dass letzteres erst dann auftritt, wenn die Röhre, bez. die Kugel, die das Natrium enthält, so stark erhitzt ist, dass eine helle Fluorescenz zu sehen ist. Der Druck des Dampfes ist dabei ein relativ niedriger, er beträgt nur wenige Millimeter, da beim Füllen mit Natrium die Röhren sehr weit evacuirt und sie stets nur auf einem sehr kleinen Theil der Oberfläche erhitzt wurden. Der Druck des Dampfes konnte also nie weit über den der ein-

geschlossenen Luft steigen, da sich aller überschüssige Dampf an den kalten Stellen condensirte.

Bei starkem Erwärmen war aber an den betreffenden Stellen die Luft möglichst zurückgedrängt, und dem Metalldampf waren nur wenig fremde Molecüle beigemengt, was bekanntlich bei Spectralerscheinungen besonders wichtig ist.

Nach den Untersuchungen von Eder und Valenta [1]), Kayser und Runge, Evershed, sowie aus unseren, lassen sich mindestens fünf verschiedene Spectren des Natriums unterscheiden, nämlich: 1. Funkenspectrum, 2. Bogenspectrum, 3. reines Fluorescenzspectrum, 4. Spectren in Entladungsröhren, die je nach der Temperatur und Art der Erregung sehr verschieden sein können, 5. Thermisches Spectrum.

Einen genauen Vergleich dieser so sehr verschiedenen Spectren hoffen wir in einer späteren Abhandlung geben zu können.

Erlangen, 1. Januar 1897.

---

1) Eder u. Valenta, Ueber das Spectrum des Kaliums, Natriums und Cadmiums, Wien. Denkschr. 1894; Kayser u. Runge, Abhandl. d. Kgl. preuss. Akad., Berlin 1890; Evershed, Phil. Mag. **39.** p. 460. 1895; E. Wiedemann u. G. C. Schmidt, Sitzungsber. physico-medica Erlangen 1895; Beibl. **20.** p. 693. 1896. Zu vergleichen ist auch eine neuere Beobachtung von O. Lehmann, Verhandl. des naturwiss. Vereins Karlsruhe **12.** 1896.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 16. **Nr. 4.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 19. Februar 1897.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. **O. Lummer** sprach

über Altes und Neues aus der photographischen Optik.

Hr. **L. William Stern** (a. G.) demonstrirte dann

einen Apparat zur continuirlichen und gleichmässigen Veränderung der Tonhöhe.

Hr. **F. von Hefner-Alteneck** berichtete dann

über optische, durch electrische Scheinwerfer hervorgerufene Täuschungen.

Demonstration eines Apparates zur continuirlichen und gleichmässigen Veränderung der Tonhöhe. (Nebst einem Anhang: Eine neue Luftquelle für akustische Versuche); von L. William Stern.

(Vorgetragen am 19. Febr. 1897.)

(Vgl. oben p. 41.)

Der vorgeführte „Tonveränderungspparat“[1]) ist ursprünglich zu psychologischen Zwecken, nämlich zur Bestimmung der Empfindlichkeit für Tonveränderungen, construirt worden; doch ist derselbe auch für die physikalisch-akustische Technik, sowohl zu Demonstrations- wie zu Experimentalzwecken verwendbar.

Die Leistung des Apparates besteht kurz darin, dass ein Ton während des Tönens in seiner Höhe innerhalb weiter Grenzen continuirlich mit beliebiger Langsamkeit verändert werden kann, dass die Geschwindigkeit der Veränderung eine gleichmässige ist, und dass die jeweilig erreichte Tonhöhe in jedem Moment ablesbar ist.

Bei zahlreichen Experimentaluntersuchungen ist die Möglichkeit, einen Factor des Experiments, ohne dasselbe zu unterbrechen, allmählig variiren zu können, ein wesentliches Desiderat, sei es um eine bestimmte günstigste Einstellung zu erreichen, sei es um die mit jenen Veränderungen parallel gehenden Veränderungen in anderen Theilfactoren zu studiren, sei es endlich, um die Analyse eines complexen Ganzen (z. B. eines Zusammenklanges) zu erleichtern, da das veränderliche Element viel leichter von der Aufmerksamkeit isolirt aufgefasst zu werden vermag.

Obiges Desiderat war bisher für Tonhöhen nur recht unvollkommen erfüllt. Zwar konnte man bei Pfeifen durch Hineinschieben des Deckels, bei Saiten durch Variation der Länge oder Spannung den Ton während des Tönens verändern, aber

1) Angefertigt vom Hrn. Mechaniker W. Oehmke, Berlin NW., Dorotheenstrasse 35.

nur in sehr grober Weise; die Veränderung geht verhältnissmässig sehr schnell vor sich, ist in ihrem Verlauf nicht gleichmässig und schwer controllirbar. Feine Veränderungen wiederum lassen sich an Stimmgabeln durch verschiebbare Laufgewichte erreichen, aber hier muss das Tönen während der Veränderung jedesmal unterbrochen werden, auch ist der Umfang der Veränderung ziemlich beschränkt.

Ich verwandte zu meinem Apparat als tönendes Instrument die angeblasene Flasche. Diese Tonquelle, deren Benutzung in der akustischen Technik bisher eine recht spärliche war, verdient überhaupt einer grösseren Beachtung empfohlen zu werden.[1]) Sie ist einfach und billig, liefert einen kräftigen aber milden, fast obertonfreien Ton, ist schnell in beliebiger Anzahl gebrauchsfertig zu machen und leicht durch Eingiessen von Wasser, Quecksilber, Wachs abzustimmen. Das Anblasen geschieht vermittelst eines Glasröhrchens, dessen eine Oeffnung zu einem schmalen Spalt plattgedrückt ist, aus welchem der Luftstrom gegen den Rand der Flasche geschickt wird. Das Röhrchen wird am besten an die Flasche angegypst, da Verschiebungen desselben gegen die Flasche die Tonhöhe modificiren.

Die Abhängigkeitsbeziehung zwischen dem Niveaustand in der theilweise mit Flüssigkeit gefüllten Flasche und der Tonhöhe habe ich empirisch zu bestimmen gesucht. Es stellte sich heraus, dass die Schwingungszahl (n) nicht etwa, wie bei Pfeifen, der Höhe der schwingenden Luftsäule (h), sondern der Quadratwurzel aus der Lufthöhe umgekehrt proportional sei. Es besteht mithin die Formel:

$$n = \sqrt{\frac{c}{h}} \text{ oder } n^2 h = c.$$

c nenne ich die Constante der Flasche.[1])

1) Schon HELMHOLTZ macht auf tönende Flaschen aufmerksam (Tonempfind. IV. Aufl. p. 103). Neuerdings finden sie besonders in psychologischen Instituten Verwendung.

1) Vgl. Zeitschr. für Psychol. u. Physiol. der Sinnesorgane **11.** p. 7, wo ich eine weit unvollkommenere Form desselben Apparates beschrieben habe. — Das Gesetz gilt nur, wenn die im Flaschenhals befindliche Luftmenge vernachlässigt werden kann, also nicht, wenn die Flasche fast bis oben gefüllt ist. Es ist übrigens eine empirische Bestätigung der von HELMHOLTZ angestellten Berechnung für „Röhren mit offenen Enden“ (CRELLE's Journal 57).

Die Tonhöhe lässt sich nun während des Tönens dadurch leicht verändern, dass man die Flüssigkeit nicht durch den Hals, wo sie den anblasenden Luftstrom am Functioniren hindern würde, sondern von unten her eintreten lässt. Ich wählte daher eine Flasche, welche dicht über dem Boden eine Ausflussöffnung besitzt. Die einfachste Anordnung, die sich jeder ohne weiteres selbst herstellen kann, besteht nun darin, dass man von dieser Oeffnung aus die Flasche mit einem anderen beliebigen Gefäss communiciren lässt, und in dieses die Flüssigkeit einführt; wir haben dann Niveausteigung in der Flasche ohne jede Behinderung der Tongebung; wir haben ausserdem die Möglichkeit, die Tonveränderung beliebig langsam erfolgen zu lassen, wenn nur das communicirende Gefäss gross genug

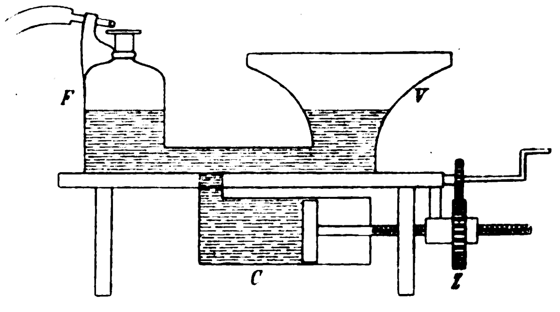


Fig. 1.

gewählt wird. Ein derartiges communicirendes Gefäss, welches die Veränderung ermöglicht und regulirt, bezeichne ich als „Variator".

Mit obigem ist das Grundprincip des von mir construirten Apparates angegeben, doch enthält derselbe noch einige wesentliche Eigenschaften, die ihn erst zu einem dauernd brauchbaren Instrument machen.

1. Die Gleichmässigkeit der Veränderung. Die Tonhöheänderung heisst dann gleichmässig, wenn in gleichen Zeittheilen gleichviel Schwingungen hinzugefügt oder fortgenommen werden. Wählen wir als Variator ein Gefäss von üblicher Form, z. B. von cylindrischer, und lassen wir die Flüssigkeit mit gleichmässiger Geschwindigkeit eintreten, so würde das Niveau in der Flasche mit gleichmässiger Geschwindigkeit

steigen, nicht aber die Tonhöhe, was aus dem oben erwähnten Gesetz des Flaschentönens ohne weiteres hervorgeht. Der Ton würde vielmehr nach oben hin immer schneller und schneller sich ändern. Um diesen Fehler zu compensiren, muss der Variator *V* eine ganz eigenartige Form haben (s. d. Figur); seine Querschnitte müssen nach oben hin sich gewaltig vergrössern, um für die Flasche eine immer abnehmende Geschwindigkeit der Niveauänderung und damit eine gleichmässige Geschwindigkeit der Tonänderung zu erzielen. Die an anderer Stelle[1]) durchgeführte Berechnung ergab den Satz: „Um eine gleichmässige Tonänderungsgeschwindigkeit zu erzielen, muss man die Summe der Querschnitte [von *F* und *V*] proportional der dritten Potenz der Schwingungszahl steigen lassen.“ Hieraus ist die Curve für die Wand des Variators leicht zu berechnen.

2. Constanz der Leistung. Ablesbarkeit und Controlirbarkeit. Um diese Erfordernisse zu erfüllen, dienen folgende Vorrichtungen. Als Füllungsmasse wird Quecksilber verwandt, da Wasser wegen der Verdunstung und der Tendenz zum Schwanken und Wellenschlagen die Leistung des Apparats inconstant macht. Dies Quecksilber befindet sich innerhalb von *F* und *V* in einem Glascylinder *C*; alle drei Gefässe sind durch ein *T*-Rohr verbunden. Der Cylinder ist auf der einen Seite fest, auf der anderen durch einen quecksilberdicht sich einfügenden, verschiebbaren Kolben abgeschlossen; der Kolben, der mit einer Spindel fest verbunden ist, kann durch eine einfache Schrauben- und Zahnradvorrichtung nach innen oder aussen verschoben werden. In das an der Schraube befindliche Zahnrad *Z* greifen zwei andere Zahnräder, ein grosses und ein kleines ein (in der schematischen Zeichnung ist nur eines wiedergegeben); jedes ist mit einer Kurbel verbunden. Dreht man die Kurbel des grossen Rades, so wird der Kolben verhältnissmässig schnell, dreht man die des kleinen, so wird er mit ausserordentlicher Langsamkeit hinein- oder herausgeschoben. Je nach der gewählten Drehungsrichtung wird das Quecksilber in der Flasche gehoben oder gesenkt, der Ton erhöht oder vertieft.

1) Zeitschr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane 11. p. 8.

Bei dem demonstrirten Apparat bewirkt jede ganze Drehung der grossen Kurbel eine Veränderung von etwa drei Schwingungen, jede Drehung der kleinen Kurbel eine Veränderung um 0,46 Schwingungen; bei Benutzung der letzteren lässt sich also der Ton um kleine Bruchtheile einer Schwingung variiren.

Auf der Spindel und dem Zahnrad *Z* befinden sich Ziffern, welche den jeweiligen Stand des Kolbens im Cylinder, und damit auch, da die Menge des Quecksilbers ein für alle Mal constant bleibt, den Stand des Quecksilbers in der Flasche angeben. Hat man einmal empirisch für eine Reihe von diesen Maasszahlen die Tonhöhen bestimmt, so lässt sich eine Tabelle anfertigen, aus welcher sich stets für jede Stellung von Spindel und Rad die dazugehörige Schwingungszahl ablesen lässt. Hiermit ist die letzte Aufgabe, die wir dem Apparat stellten, nämlich in jedem Moment die jeweilige Tonhöhe angeben zu können, gelöst.

Die Construction des Apparates ist durch freundliche Rathschläge und Anregungen des Herrn Dr. E. Zermelo wesentlich gefördert worden, wofür ich ihm meinen aufrichtigen Dank ausspreche.

Der demonstrirte Apparat umfasst das Tongebiet der Schwingungszahlen 225—300. Durch eine nicht allzugrosse Anzahl von Apparaten liesse sich der grösste Theil des Tongebietes beherrschen; hierbei könnte ein und derselbe Untertheil (Quecksilbercylinder und Antrieb) für mehrere Flaschen benutzt werden.

Demonstrirt wurde: 1. Langsame und schnelle Aenderung des Tones.

2. Schwebungen. Gleichzeitig mit dem Apparat tönt eine Flasche mit constantem Ton. Wird nun die kleine Kurbel des Apparates gedreht, so hört man mit ausserordentlicher Deutlichkeit, wie die Schwebungen langsamer und langsamer werden und endlich ganz verschwinden. Der Moment des Verschwindens, d. h. der Tongleichheit, ist so mit Leichtigkeit zu fixiren und die Tonhöhe abzulesen. Hierin ist also ein bequemes Mittel gegeben, um die Schwingungszahl irgend eines Instrumentes zu bestimmen, bezw. ein Instrument auf eine gewünschte Schwingungszahl abzustimmen.



3. Differenztöne. Dieselben sind leichter herauszuhören, wenn man einen der Primärtöne variirt.

4. Allmählige Ueberleitung der consonanten Intervalle in einander.

Anhang.

Eine neue Luftquelle für akustische Versuche.

Der Blasebalg gehört zum eisernen Inventar aller physikalischen, physiologischen, psychologischen Laboratorien; er gilt dort als unentbehrlich, wo man einen Luftstrom zum Anblasen von Pfeifen oder Flaschen braucht. Indess ist er ein recht unvollkommener Apparat; sein Betrieb ist unbequem, da er während des Experimentirens das fortwährende Arbeiten einer Bedienungsperson erfordert; vor allem aber ist seine Leistung ungleichmässig. Es machen sich nämlich die Tretbewegungen fast immer in, wenn auch minimalen, Schwankungen der Ton-Intensität und -Höhe merklich; auch ein langsames Sinkenlassen des Balges hat stets eine allmählige Aenderung des Tones im Gefolge. Diese Mängel sind durch eingeschaltete Regulirungswindladen zwar sehr zu mindern, nie aber zu beseitigen; sie sind namentlich dann störend, wenn es darauf ankommt, einen andauernden Ton eine längere Zeit hindurch zu beobachten oder ganz allmählige gesetzmässige Tonveränderungen zu studiren.

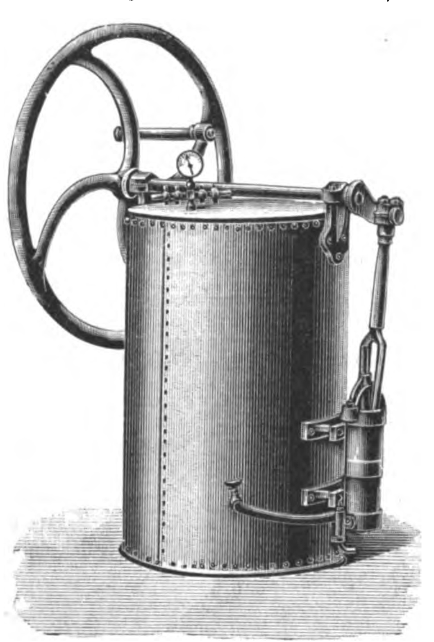


Fig. 2.

Eigene Versuche mit dem oben beschriebenen Tonveränderungsapparat veranlassten mich, eine Luftquelle zu suchen,

die jener Mängel entbehrt, und ich glaube in dem von der Firma „Luftdruck-Wasserhebungs-Gesellschaft KRAUSE & Co.“ hergestellten Apparat[1]) eine solche gefunden zu haben.

Der Apparat (siehe die Fig. 2) besteht im Wesentlichen in einer Luftpumpe und einem Kessel, in welchem die comprimierte Luft aufgespeichert wird. Die Luftpumpe wird durch ein Schwungrad in Betrieb gesetzt und füllt den Kessel in nicht allzulanger Zeit mit grossen Quantitäten Luft, die, je nach der Bauart des Kessels, auf 3—6 Atmosphären comprimirt werden kann und dann zu akustischen Versuchen zur Verfügung steht. Die Oeffnung eines Hahnes genügt, um einen durchaus continuirlichen und gleichmässigen Luftstrom beliebig lange Zeit durch die Pfeifen fliessen zu lassen. Von den beim Blasebalg so störenden kurzen Schwankungen ist nichts zu merken. Die Gleichmässigkeit des Luftstromes wird gewährleistet durch ein Reducirventil (in der Figur nicht zu sehen), welches an dem Oeffnungshahn angebracht wird und durchaus nothwendig ist, da für akustische Versuche durchschnittlich nur ein Ueberdruck von $^1/_2$ Atmosphäre angewandt werden darf. Eine einmalige Füllung des Apparates reicht, je nach den benöthigten Luftquantitäten, für eine bis mehrere Versuchsstunden aus.[2])

1) Berlin SO., Michaelskirchpl. 24. Der Preis beträgt ca. 150 M.

2) Ein solcher Apparat ist bereits im psychologischen Institut zu Berlin im Betrieb. — Werden continuirliche Luftströme nur vorübergehend gebraucht, so ist die Verwendung von comprimirter Luft in Bomben, welche nebst Reducirventil leihweise zu erhalten sind, zu empfehlen.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 16. Nr. 5.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 5. März 1897.

Vorsitzender: Hr. F. Kohlrausch.

Hr. **E. Lampe** gedenkt in einem längeren Nachruf des am 19. Februar gestorbenen Mitgliedes

Karl Weierstrass,

welches länger als vierzig Jahre der Gesellschaft angehört hat.

Die Anwesenden erheben sich zur Ehrung des Verstorbenen von den Sitzen.

Hr. **J. C. Bose** aus Calcutta (a. G.) spricht in einem von zahlreichen Demonstrationen begleiteten, in englischer Sprache gehaltenen Vortrag

on a Complete Apparatus for Investigations on Electro-magnetic Radiations.

Zum Gedächtnisse von Karl Weierstrass;
von E. Lampe.

(Vorgetragen am 5. März 1897.)

(Vgl. oben p. 49.)

Als wir uns vor vierzehn Tagen zu unserer Sitzung hier versammelten, verbreitete sich unter uns die in einigen Abendzeitungen schon enthaltene Kunde, dass an demselben Tage, dem 19. Februar, etwa um die Mittagstunde Karl Theodor Wilhelm Weierstrass nach längeren Leiden entschlafen sei. Da jedoch keine directe Nachricht vorlag, so unterblieb in jener Sitzung eine Bezugnahme auf die Trauerbotschaft, die dann am folgenden Tage durch die Mehrzahl der Zeitungen, am Sonntage durch die von den beiden überlebenden Geschwistern versandte Todesanzeige bestätigt wurde. Am Montage begleiteten wir die sterbliche Hülle zur Gruft. — In Weierstrass verliert unsere Gesellschaft ein Mitglied, das ihr vierzig Jahre hindurch angehört hat, und obgleich er meines Wissens an den Sitzungen nicht theilgenommen hat, sondern nur einige Male zu Stiftungsfesten erschienen ist, so hatte er doch ein lebhaftes Interesse an unseren Arbeiten, und wir dürfen jetzt bei seinem Ableben unsere hohe Genugthuung darüber ausdrücken, dass er durch sein Beharren in unserer Gesellschaft einige Strahlen des Ruhmesglanzes, die seinen Namen umgeben, auf sie hat fallen lassen.

In dem letzten Jahrzehnt des ablaufenden Jahrhunderts verlassen uns so viele Männer, die wir als hehre Vorbilder in unserer Wissenschaft verehrt haben. Innerhalb weniger Jahre wurden uns Hermann von Helmholtz und Emil du Bois-Reymond entrissen, die, in höherem Alter stehend, so lange an der Spitze unserer Gesellschaft gewesen sind, ebenso die Mitbegründer der Gesellschaft, Brücke und Knoblauch, der weit jüngere unvergessliche Kundt und der noch jugendliche Hertz. Jetzt ist uns auch Weierstrass genommen, der Letzte aus dem unvergleichlichen Kreise der Berliner Mathematiker, die von den fünfziger Jahren des Jahr-

hunderts an den Stolz der deutschen Mathematik, den Ruhm der hiesigen Academie und Universität ausmachten. Zu einem engen Freundesbunde vereinigt, bildeten Kummer, Weierstrass, Borchardt, Kronecker eine erlauchte Tafelrunde, an welcher mit erhobenem Gefühle die Fachgenossen theilnahmen; eine Phalanx hochangesehener Forscher, deren vereinte Kräfte die höchsten Aufgaben angreifen und bemeistern konnten. Als erster schied Borchardt 1880 aus, der mit feinem Verständnisse für die Eigenart der drei anderen, ihm geistig überlegenen Naturen als unabhängiger Privatmann zur Aufrechterhaltung des Freundschaftsverhältnisses und zur Förderung der wissenschaftlichen Arbeiten vielleicht mehr beitrug, als er in seiner vornehmen Bescheidenheit zugab. Die übrigen drei brachten ihr Leben höher bis in das letzte Jahrzehnt des Jahrhunderts. Zuerst wurde uns Kronecker jäh geraubt, der, obschon ein hoher Sechziger, als Jüngster der drei Koryphäen in voller Schaffensfreudigkeit stand und ein längeres Wirken zu versprechen schien. Nach diesem seinem berühmtesten Schüler sank Kummer ins Grab, der sich schon länger als ein Jahrzehnt freiwillig von jeder Thätigkeit als Forscher und als Lehrer zurückgezogen hatte. Nun beklagen wir den Tod des Letzten jener Tafelrunde, einen Tod, den wir zwar lange nahen sahen, der uns aber in dem Augenblicke, wo er eingetreten ist, doch überrascht hat, um so mehr, als wir den verehrten Greis immer wieder, wenn auch nur stundenweise, mit der Herausgabe seiner gesammelten Werke beschäftigt fanden.

Karl Weierstrass ist als ältester Sohn des Bürgermeisters Weierstrass zu Ostenfelde in Westfalen am 31. October 1815 geboren und gehörte, wie seine drei Geschwister, von denen sein Bruder, Professor Peter Weierstrass, ein Philologe, und seine Schwester Elise ihn überleben, der katholischen Confession an, da sein Vater zum Katholicismus übergetreten war. Auf dem Gymnasium zu Paderborn von Ostern 1829 bis zum Herbste 1834 für das Studium vorbereitet, bezog er die Universität Bonn und studirte dort von 1834 bis 1838 in der juristischen Facultät die Rechts- und Kameralwissenschaften. Als eifriges Mitglied des Korps Saxonia fehlte er, wie er später gern erzählte, keinen Abend

auf der Verbindungskneipe. Das juristische Studium, aus welchem als einzige Leistung eine kräftige Opposition bei der Promotion eines Freundes erwähnt wird, befriedigte ihn jedoch nicht, und daher begab sich der dreiundzwanzigjährige Jüngling, der schon früh durch die Mécanique céleste mächtig angezogen worden war, zu GUDERMANN nach Münster und studirte hier unter der Leitung dieses von ihm ungemein verehrten Lehrers privatim in den Jahren 1838 bis 1840 Mathematik; nur eine Vorlesung GUDERMANN's hat er in dieser Zeit gehört. Im Sommer 1841 bestand er das Examen pro facultate docendi in Münster und lieferte bei dieser Gelegenheit die Bearbeitung dreier Aufgaben, unter ihnen eine, bei der er sich die selbstständige Wahl des Themas erbeten hatte. Nach Ablegung des Probejahres in Münster bis zum Herbste 1842 übernahm er die Stelle eines Lehrers an dem Progymnasium zu Deutsch-Krone (Westpreussen) unweit Schneidemühl und verblieb daselbst sechs Jahre. Von 1848 an war er Oberlehrer an dem Gymnasium zu Braunsberg in Ostpreussen. Während seiner Gymnasiallehrerzeit verfasste er die Arbeiten über ABEL'sche Functionen, deren Veröffentlichung seinen Ruhm begründete. In den Ferien kehrte er gern zu den Eltern und Geschwistern, mit denen er durch herzliche Liebe verbunden blieb, nach Westfalen zurück. Da sein Vater inzwischen Salinenbeamter zu Westernkotten geworden war, so ist unter anderem seine erste im CRELLE'schen Journale erschienene Arbeit zur Theorie der ABEL'schen Functionen aus Westernkotten von 11. September 1853 datirt.

Als erste Frucht dieser Aufsehen erregenden Arbeiten erhielt er 1854 honoris causa den Doctorhut von der Universität Königsberg i. Pr., wo RICHELOT, durch JACOBI's Einfluss auf dasselbe Gebiet der Forschung gelenkt, zuerst erkannt hatte, wie weit der Braunsberger Gymnasiallehrer alle Mathematiker überflügelte, welche sich mit derselben Frage beschäftigten. Nach einem vorangegangenen Aufenthalte von WEIERSTRASS in Königsberg wurde ihm die Ehre des Gegenbesuchs von RICHELOT in Braunsberg zu theil, und eben dahin eilte BORCHARDT aus Berlin, um den jungen gleichstrebenden Forscher zu besuchen; zu jener Zeit wurde zwischen beiden Mathematikern die Freundschaft angeknüpft, die ohne



jede Trübung mit steigender Innigkeit anhielt, bis der Tod BORCHARDT's 1880 dem schönen Bunde ein plötzliches Ende bereitete, als WEIERSTRASS auf dem Landsitze des erkrankten Freundes bei Rüdersdorf zu Beginn des Sommers selbst Erholung von einer Krankheit suchte. In rührender Dankbarkeit gedachte WEIERSTRASS des ersten Besuches seines Freundes zu Braunsberg am Tage der Vollendung seines achtzigsten Lebensjahres. — Zum Zwecke weiterer Studien wurde WEIERSTRASS 1856 unter Belassung seines Gehaltes nach Berlin beurlaubt, wie er auch vorher schon einen Urlaub für einen Aufenthalt in Königsberg erhalten hatte. Die Erledigung des Lehrstuhls der reinen Mathematik an dem damaligen Gewerbeinstitute zu Berlin schuf dann die günstige Gelegenheit, dem einundvierzigjährigen Gelehrten eine angemessene Stellung in der Hauptstadt des Königreiches zu verschaffen. Es hat vielleicht einiges Interesse, die Persönlichkeiten zu erwähnen, welche bei der Besetzung der Stelle in Betracht kamen. Der Bericht des Directors DRUCKENMÜLLER giebt zuerst an, dass die Unterhandlungen mit SCHELLBACH und JOACHIMSTHAL wegen des Dazwischentretens des Unterrichtsministeriums abgebrochen wurden. DRUCKENMÜLLER wandte sich dann an DIRICHLET und PLÜCKER mit der Bitte um Nennung geeigneter Candidaten. DIRICHLET empfahl ARONHOLD und SCHOENEMANN, von denen jener als zu jung, dieser als zu alt befunden wurde. PLÜCKER nannte BEER und HEINE; der erstere wurde als zu kränklich verworfen, der letztere gefiel dem Director seines Wesens wegen nicht. Es verblieben drei geeignete Personen: HESSE, SCHLÖMILCH, WEIERSTRASS. Die mit HESSE angeknüpften Verhandlungen ergaben, dass dieser ein Maass der Lehrfreiheit wie an der Universität beanspruchte, was ihm nicht zugestanden werden konnte. Bei SCHLÖMILCH wurde gar kein Versuch gemacht, weil dem Vernehmen nach dieser doch nicht Dresden verlassen würde. Es blieb also WEIERSTRASS, als dessen Vorzug gerühmt wird, dass er nicht, wie HESSE, durch Traditionen von der Universität befangen sei. Der gewaltige Eindruck, den das Erscheinen von WEIERSTRASS in Berlin hervorgerufen hatte, findet in dem beredten Berichte des Directors DRUCKENMÜLLER einen warmen Ausdruck, wonach eben neben WEIER-

STRASS die anderen genannten Mathematiker im Grunde nur dazu dienen, seinem Werthe die passende Folie zu geben. Auf diesen Bericht vom 8. Mai 1856, der aber erst am 29. Mai abgesandt zu sein scheint, wurde am 14. Juni vom Handelsminister die Anstellung von WEIERSTRASS verfügt, welche indess vom 1. Juni an schon datirte, und der nunmehrige Professor WEIERSTRASS wurde am 16. Juni in feierlicher Versammlung dem Lehrkörper vorgestellt. Unter dem 12. November desselben Jahres erhielt der Director DRUCKENMÜLLER die Benachrichtigung, dass der Professor WEIERSTRASS vom Unterrichtsminister gleichzeitig zum ausserordentlichen Professor an der Universität ernannt sei. Zu derselben Zeit erfolgte auch seine Wahl in die Academie der Wissenschaften, so dass er seine Antrittsrede am 9. Juli, dem Leibniztage des folgenden Jahres 1857, in der Academie halten konnte. Die Erwiederungsrede des Secretärs ENCKE mit ihrem herzlichen Willkommensgrusse für den neuen Academiker spiegelt ebenfalls die freundliche und erhobene Stimmung wieder, mit welcher der frühere Gymnasialoberlehrer in diesen erlauchten Kreis aufgenommen wurde.

Die anstrengende Lehrthätigkeit in Berlin, welche zwölf Stunden Vorlesungen an dem Gewerbeinstitute erforderte, ausserdem mindestens eine Privatvorlesung und ein Publicum an der Universität, ferner die in dem engen Verkehr mit den mathematischen Freunden gesteigerte wissenschaftliche Arbeit konnten nicht ohne Einfluss bleiben auf den Gesundheitszustand des neuen Professors. In Folge der Ueberreizung der Nerven zeigten sich bald Anzeichen der Krankheit, welche ihn bis zu seinem Tode gepeinigt hat. Im Sommer 1859 musste er vor Beendigung des Semesters Urlaub zu einer Badereise nehmen, und im März 1860 machte er Anzeige von einem Schwindelanfalle, der ihn bei einer Vorlesung in der Universität überrascht hatte. Diese Vorboten einer ernsten Störung der Nerven wurden jedoch nicht genügend beachtet; da erfolgte am 16. December 1861 die Katastrophe. Mitten während des Vortrags an der Universität im Auditorium 17 überfiel ihn wieder der Schwindel; er taumelte von der Tafel auf den Lederstuhl des Katheders, einige Studenten holten eilig ein Glas Wasser und führten ihn fort. Die Krankheit war in

einer solchen Heftigkeit ausgebrochen, dass die schlimmsten Besorgnisse gehegt wurden. Unter der sorgfältigen Pflege seiner Umgebung erholte er sich indessen, obschon nur sehr langsam. Der Hausarzt, der im März 1862 vom Director des Gewerbeinstituts befragt wurde, welche Aussichten er für das Sommersemester eröffnete, konnte keine Zusage für Wiederaufnahme der Lehrthätigkeit geben, weil der Kranke noch nicht die Haltung des Nervensystems und die Energie des Willens zu erringen vermöchte, und weil immer noch krampfhafte Erscheinungen vorhanden wären. Im Juni nach Bad Liebenstein abgereist, wurde er in seiner Gesundheit so weit gekräftigt, dass im Herbste der Arzt die Wiederaufnahme eines Theiles der Lehrthätigkeit für den Winter 1862/63 gestattete, den Umfang aber auf höchstens eine Stunde täglich beschränkte. Aus diesem Grunde wurde Weierstrass nun dauernd am Gewerbeinstitut durch Aronhold vertreten, behielt aber das Einkommen der Stelle bis zum Frühjahre 1864. Erst zu diesem Termine war es möglich geworden, für ihn an der Universität zu den beiden ordentlichen Lehrstühlen für Mathematik, welche Ohm und Kummer inne hatten, ein drittes Ordinariat zu schaffen.

Diese Stellung behielt Weierstrass vom Sommer 1864 bis zu seinem Tode; in ihr haben wir ihn wirken und schaffen sehen, geehrt und geliebt von allen, welche das Glück hatten, mit ihm in Berührung zu kommen. Trotz aller Leiden, denen er Stand halten musste, hat er sein Leben höher gebracht, als wir es nach dem geschilderten Einbruch in seine Gesundheit zu Anfang der sechziger Jahre hoffen durften. Die Ferien benutzte er immer zur Erholung in Sommerfrischen und freute sich sehr, wenn er bei solchen Gelegenheiten Freunde um sich sehen konnte. Diese Zeit der Ruhe musste er, besonders in seinen späteren Lebensjahren, öfters über die Ferien hinaus verlängern. — Zur Feier seines siebzigsten Geburtstages wurde ihm von Freunden und Schülern seine Marmorbüste überreicht, eine Denkmünze mit seinem Bildniss geprägt; ein Festmahl vereinte viele Mathematiker aus nah und fern. Die Arbeitspause, welche er sich hiernach auferlegen musste, war bedeutend länger als sonst. Wiederholt versuchte er dann die Aufnahme seiner Lehrthätigkeit und konnte noch mehrere



Male, besonders im Sommer, seine Vorlesungen beendigen. Endlich jedoch musste er auf diese ihm so liebe Beschäftigung verzichten. Die letzten Jahre seines Lebens brachte er still in seinem Hause auf dem Rollstuhle zu, weil er nicht mehr selbstständig gehen konnte. Ohne vermählt gewesen zu sein, führte er mit seinen zwei Schwestern, von denen die eine, Clara, ihm vor Jahresfrist im Tode vorangegangen ist, ein trautes Familienleben, in das er jeden gern einführte, der zu ihm in nähere Beziehungen trat. Ein Lungenleiden, vielleicht Folge der Influenza, die in seinem Hause herrschte, bereitete ihm am 19. Februar 1897 ein schnelles Ende. Dies sind die äusseren Umrisse eines an wissenschaftlicher Arbeit und an hoch bedeutsamen Früchten derselben reich gesegneten Lebens.

Im Hinblick auf die frühe Entwickelung mancher Mathematiker ersten Ranges, die oft schon im Knabenalter deutliche Zeichen der ihnen angeborenen Geistesrichtung gegeben haben, ist wohl die Meinung ausgesprochen worden, dass die höchsten Leistungen in der Mathematik nur von solchen Geistern stammten, die sich von Kindheit an in mathematischen Forschungen ausgezeichnet hätten. Als Gauss seine Disquisitiones arithmeticae bereits vollendet hatte, stand er in demjenigen Lebensalter, in welchem Weierstrass erst anfing, sich dem Studium der Mathematik zu widmen. Trotz solcher und ähnlicher Beispiele muss man aber jene Meinung als irrig erklären. In unserem vielgestaltigen Leben gehören günstige Einflüsse der nächsten Umgebung eines Kindes dazu, um die Entfaltung mancher Geistesanlagen, die in der Knospe vorhanden sind, zu begünstigen, jene Knospe zur Blüthe zu bringen. Besonders können bedeutende Personen, mit denen das Kind zusammentrifft, vor allem anregende Lehrer dem kindlichen Gemüthe Neigung für einen Beruf einflössen, für den keine besonderen Talente vorhanden sind. Kummer und Emil du Bois-Reymond sind von der Theologie aus, jener zur Mathematik, dieser zur Physiologie übergegangen und haben dann in diesen neuen Gebieten das Feld gefunden, wo ihre Genien alle Kräfte entfalten konnten. Und wenn ein Weierstrass erst nach der Beendigung des juristischen Trienniums erkennt, dass seine wahre Bestimmung ihn auf die Mathematik weist, so braucht man sich nicht zu ereifern, wenn



junge Männer nach den ersten Semestern des Studiums statt des zuerst erwählten Faches ein anderes vorziehen. Dass aber in WEIERSTRASS die höchste mathematische Befähigung und ein eiserner Fleiss mit zielbewusstem Willen gepaart waren, das ist uns über alles Erwarten offenbar geworden, als 1894 der erste Band seiner Werke mit den Arbeiten erschienen ist, welche in den drei Jahren seines Aufenthaltes in Münster entstanden sind und bisher ungedruckt bei ihm im Kasten geruht hatten. Die im Sommer 1840 abgefasste Arbeit für die Oberlehrerprüfung zeigt den ehemaligen Juristen als fertigen Mathematiker und im Besitze derjenigen Gedanken und Hülfsmittel, die ihn zu den höchsten Ergebnissen führen sollten. Es ist gewiss selten, dass eine nach so kurzer Studienzeit und zu solcher Gelegenheit verfasste Arbeit 54 Jahre nach ihrer Entstehung das Interesse wissenschaftlicher Kreise in gleichem Maasse fesselt; nicht weniger merkwürdig ist es, dass sie so lange ungedruckt geblieben ist, obschon der Verfasser seitdem mehrfach aufgefordert wurde, die ganze Arbeit zu veröffentlichen, von der ein Theil des Inhaltes in eine andere Abhandlung im 52. Bande des CRELLE'schen Journals übergegangen war. Andere ebenfalls in jener Münsterer Periode entstandenen und jetzt erst bekannt gegebenen Aufsätze zur Theorie der Potenzreihen und über die Definition analytischer Functionen einer Veränderlichen vermittelst algebraischer Differentialgleichungen operiren genau mit den Elementen, aus denen WEIERSTRASS seine Functionentheorie aufbaute.

Diese Theorie ist nämlich das Lebenswerk des grossen Todten. Nicht möchte ich dies so verstanden wissen, als ob WEIERSTRASS, wie ein einseitig gebildeter Mathematiker, nur ein Gebiet gekannt und bearbeitet, die anderen vernachlässigt hätte. Im Gegentheil, man kann sich kaum vorstellen, mit welcher Universalität er alle Zweige der Mathematik beherrschte, wie genau er über alle hervorragenden Arbeiten seiner Wissenschaft Bescheid zu geben wusste, wie vielseitig er seine Schüler anregte. Wie aber ABEL einst darüber erstaunt gewesen war, dass das scheinbar so sicher gefügte Gebäude der Mathematik keine zuverlässigen Fundamente besässe, so erkannte WEIERSTRASS das Bedürfniss strengerer Methoden zur Sicherung der Wahrheiten der Analysis gegen alle An-

zweifelungen. Die Schilderung der Leistungen von WEIERSTRASS auf diesem seinen Forschungsgebiete erheischt aber solche eingehenden sachlichen Auseinandersetzungen, dass der Versuch an dieser Stelle scheitern würde. Man braucht sich nur der Worte zu erinnern, mit welchen KRONECKER am siebzigsten Geburtstage von WEIERSTRASS die Tischrede einleitete, und zwar vor einer Versammlung, die zum grössten Theile aus Schülern des Jubilars bestand. Manche Probleme der Mathematik, so führte KRONECKER aus, sind uralt und Jedermann geläufig, so die Quadratur des Kreises, die algebraische Lösung der Gleichungen. Das Problem aber, an dessen Lösung WEIERSTRASS seine Lebensarbeit setzte, ist von ihm selbst grösstentheils erst formulirt, daher weder allgemein bekannt, noch auch mit wenigen Worten auszusprechen. Um das Verständniss für die Leistungen von WEIERSTRASS zu erleichtern, wollen wir lieber einige seiner Hauptarbeiten kurz besprechen und in möglichstem Anschluss an seine Ausdrucksweise ihre Ziele darlegen.

Wir übergehen kurz die Abhandlung über die Theorie der analytischen Facultäten, eine auf diesem Gebiete abschliessende Arbeit, in welcher die strengeren Begriffe der Functionentheorie von WEIERSTRASS geltend gemacht werden.

In dem Centrum aller Arbeiten von WEIERSTRASS stehen die ABEL'schen Functionen, man könnte sogar sagen, dass alle allgemeinen functionentheoretischen Untersuchungen von ihm nur zu dem Zwecke unternommen sind, um das Problem in Vollständigkeit und Klarheit zu lösen, das durch die Forderung der Darstellung der ABEL'schen Functionen jener Zeit gestellt war. Wie ABEL und JACOBI statt der von LEGENDRE untersuchten elliptischen Integrale die Umkehrungen derselben betrachteten und dadurch zu den geschmeidigen elliptischen Functionen mit ihrem Reichthum an interessanten Eigenschaften geführt wurden, so handelt es sich in der Theorie der ABEL'schen Functionen um die Umkehrung zunächst der hyperelliptischen Integrale erster Gattung. Das algebraische Additionstheorem und die Periodicität bleibt auch für diese eindeutigen Functionen von ϱ Veränderlichen erhalten, wo ϱ den Rang des hyperelliptischen Gebildes bezeichnet. In der wirklichen Darstellung jener Functionen besteht die Lösung

des sogenannten Jacobi'schen Umkehrungsproblems. Diese Aufgabe lösten Göpel und Rosenhain für den Fall $\varrho = 2$ auf einem Wege, der eine Verallgemeinerung auf allgemeinere Fälle nicht zuliess. Unabhängig von ihnen fand dagegen Weierstrass zu derselben Zeit die Lösung des Problems für ein beliebiges ϱ auf einem ganz anderen Wege. Es gelang ihm, die Abel'schen Functionen als Quotienten zweier beständig convergenten Potenzreihen darzustellen. Die Zähler und Nenner sind ganze rationale Functionen von Thetafunctionen von ϱ-Veränderlichen, und so wurde er zu den Thetafunctionen beliebig vieler Variabeln geführt, deren Form ihm vorher unbekannt gewesen war. Weierstrass entwickelte die von ihm gefundenen Resultate ausführlich in der grossen Abhandlung, welche im 52. Bande des Journals für Mathematik erschien, deren Fortsetzung versprochen, aber nie gegeben worden ist.

Abel hat nämlich den dieser Theorie als Basis dienenden Satz, der als Abel'sches Theorem bezeichnet wird, auf die Integrale der aus einer beliebigen algebraischen Irrationalität entspringenden algebraischen Functionen ausgedehnt. Auch an diese Erweiterung des Abel'schen Theorems knüpft sich ein Umkehrungsproblem. Eine directe Lösung desselben legte Weierstrass bereits im Sommer 1857 der Berliner Academie vor, zog aber das schon der Druckerei übergebene Manuscript zurück, weil Riemann's Arbeit über dasselbe Problem wenige Wochen später im Journal für Mathematik erschien. [1]) Um nachzuweisen, dass die Resultate Riemann's mit den seinigen übereinstimmten, musste Weierstrass gewisse algebraische Untersuchungen führen, die er selbst für nicht ganz leicht erklärt, und die viel Zeit in Anspruch nahmen. Hierdurch wurde dann wieder eine Umarbeitung nöthig, und erst 1869 erhielt die Lösung des allgemeinen Umkehrungsproblems durch ihn die Gestalt, in welcher er sie in seinen Vorlesungen vortrug, und in welcher sie in der Bearbeitung der Vorlesungen über Abel'sche Functionen veröffentlicht werden wird.

Das hier berührte Zusammentreffen der Riemann'schen

---

1) Nach der Einleitung des im Drucke schon erheblich vorgeschrittenen, aber noch nicht vollendeten Bandes der Vorlesung über Abel'sche Functionen. Ich verdanke die Mittheilung Hrn. Hettner, der diese Vorlesung für die gesammelten Werke bearbeitet.

und der WEIERSTRASS'schen Lösung desselben Problems auf ganz verschiedenen Wegen ladet zu einer Parallele ein zwischen diesen beiden congenialen Naturen, zu deren voller Durchführung aber hier kein Raum ist; doch sollen einige Gedanken darüber Platz finden. Die geometrische Veranschaulichung des Verlaufes der algebraischen Functionen in den mehrblättrigen RIEMANN'schen Flächen ist ungemein anregend und fruchtbar gewesen, und viele Schüler von WEIERSTRASS bedienen sich dieser Darstellung, welche der Phantasie Flügel zu verleihen scheint. Demgegenüber verharrte WEIERSTRASS bei der Ansicht, dass die Sätze der reinen Analysis durch rein analytische Beweismethoden, ohne Hineinziehung der Geometrie, untersucht werden müssten, und zeigte unter anderem an dem sogenannten DIRICHLET'schen Principe, dass scharfe analytische Beweisführung weit verbreitete Anschauungen und Ueberzeugungen zu nichte machen könne. Für ihn ist die Potenzreihe das Instrument, vermittelst dessen er die analytischen Functionen bewältigt; dieses „Element" hat er sein Leben hindurch benutzt und dadurch den analytischen Charakter der Functionentheorie in aller Schärfe und Reinheit festgelegt. Man muss jedoch nicht wähnen, dass WEIERSTRASS den von RIEMANN betretenen Weg missachtete; er hat es ja selbst ausgesprochen, dass dem Forscher jeder Weg frei steht, dass es sich aber um die Begründung handelt. Jedenfalls war er von Bewunderung erfüllt für die Leistungen seines dem Leben nur zu früh entrissenen Rivalen, und die herzliche Aufnahme, welche RIEMANN 1859 bei seiner Anwesenheit in Berlin fand, als er nach seiner Ernennung zum correspondirenden Mitgliede der preussischen Academie den Berliner Mathematikern seinen Besuch abstattete, bewies ihm, wie hoch dieselben ihn schätzten; dies wurde ja später (1866) durch die Wahl RIEMANN's zum auswärtigen Mitgliede bestätigt.

Es ist nicht möglich, auf die ganze Gedankenreihe der WEIERSTRASS'schen Arbeiten hier in ähnlicher Weise einzugehen, wie dies oben mit derjenigen über die ABEL'schen Functionen versucht ist. Wir können nicht einmal über alle die fundamentalen Abhandlungen berichten, welche, in Anlehnung an die eben besprochenen, die allgemeine Functionentheorie behandeln oder tief liegende algebraische Probleme in meister-

hafter Weise erledigen. Es sollen nur noch einige Dinge erwähnt werden, welche auf manchen Gebieten Umwälzungen hervorgerufen haben.

Aus der Theorie der elliptischen Functionen ist vor allem das Aufgeben der JACOBI'schen Bezeichnungen, der Aufbau der ganzen Lehre mit Hülfe der „WEIERSTRASS'schen Functionen" $p(u)$ und $\sigma(u)$ zu nennen. Es gehörte die Sicherheit und Klarheit des Meisters dazu, die Wege zu verlassen, auf denen JACOBI seine von der ganzen mathematischen Welt bewunderten Erfolge errungen hatte, und den Studenten eine nirgends veröffentlichte neue Theorie vorzutragen. Den Unterschied beider Arten charakterisirt man jetzt durch die Eintheilung der elliptischen Functionen in verschiedene Stufen. Für die erste Stufe liegt die Bearbeitung in der WEIERSTRASS'schen Theorie vor, für die zweite in der JACOBI'schen. Um eine Stimme aus dem Auslande hier anzuführen, so rühmt der so früh verstorbene HALPHEN, der zuerst die französischen Mathematiker in die WEIERSTRASS'schen Bezeichnungen durch seinen Traité des fonctions elliptiques eingeweiht hat, den WEIERSTRASS'schen Entwickelungen einen unbestreitbaren Vorzug über die früheren Bezeichnungen nach. In den Anwendungen bilden sie nach ihm einen grossen Fortschritt, besonders wegen des Vortheils, dass sie bei der Umkehrung der elliptischen Integrale immer dieselben Formeln liefern, ohne dass die Anzahl der reellen Factoren des Polynoms unter dem Wurzelzeichen hierbei in Betracht käme. Das Gerippe dieser Theorie ist in den „Formeln und Lehrsätzen zum Gebrauche der elliptischen Functionen" von Hrn. SCHWARZ veröffentlicht worden, die vollständige Darstellung nach den gehaltenen Vorlesungen wird in den gesammelten Werken erwartet.

Wir weisen nur im Fluge auf die in den Abhandlungen der Berliner Academie erschienene, epochemachende Arbeit zur Theorie der eindeutigen analytischen Functionen hin (1876), welche, wie mehrere andere Schriften von WEIERSTRASS, ins Französische übersetzt worden ist und auf die neueste Entwickelung der französischen Mathematik einen bedeutenden Einfluss ausgeübt hat. Die deutsche Nation trägt damit gegen die französische den Dank ab, der dieser letzteren für die

fundamentalen Untersuchungen von CAUCHY über Functionen mit complexen Variabeln geschuldet wird; denn auf diesen Forschungen beruhen ja wieder die bahnbrechenden Gedanken von WEIERSTRASS, bei denen die Spuren CAUCHY'scher Ueberlegungen sich überall zeigen.

Der Nachweis einer stetigen Function, welche in keinem Punkte eine Ableitung besitzt, wirkte in höchstem Maasse aufklärend für die Begriffsbestimmungen der ersten Eigenschaften der Functionen. Die im Anfange der sechziger Jahre gehaltene Vorlesung über Zahlen, die mit beliebig vielen Einheiten gebildet werden, wies damals schon auf Schwierigkeiten hin, die später den Ausgangspunkt fruchtbarer Forschungen gebildet haben. Auf dem Gebiete der Algebra lieferte WEIERSTRASS einen Beweis des Fundamentaltheorems der algebraischen Gleichungen, sowie erschöpfende Behandlungen über die Transformationen quadratischer und bilinearer Formen. Für die Minimalflächen gab er die fundamentalen Entwickelungen, mit deren Hülfe Hr. SCHWARZ die grosse Reihe seiner bedeutsamen Arbeiten auf diesem Gebiete erledigen konnte. Kurz, wohin man auch auf dem Gebiete der Analysis blickt, überall wirkte WEIERSTRASS reformirend, indem er stets bis zu den tiefsten Gründen der Fragen vordrang.

Während er so in seiner Gedankenwerkstätte unablässig an den schwierigsten Problemen arbeitete, erledigte er noch manche anderen, zeitraubenden Geschäfte. Im Auftrage der Academie gab er 1881/82 die gesammelten Werke von STEINER in zwei Bänden heraus, und nach dem Tode BORCHARDT's (1880), der mit der Herausgabe der JACOBI'schen Werke betraut war, aber nur den ersten Band bis zum Drucke der letzten Abhandlung geführt hatte, übernahm WEIERSTRASS auch die
der Veröffentlichung dieser Werke und führte mit Hülfe
ihm getreulich beistehenden Schüler nach länger
(bis 1891) die Bearbeitung der sieben Bände
Ziel. Ebenso trat er nach BORCHARDT's
mit KRONECKER die Erbschaft der
Mathematik an, von deren Ge
zweiten Hälfte der achtziger

In Anerkennung seiner
wo er wegen seines ideale



höchstem Ansehen stand, erwählten ihn die Professoren der Hochschule 1873 zum Rector magnificus, und er bewährte sich hier, wie in seinem ganzen Leben als ein Mann von Welt, dem in seinem natürlichen Wesen nichts ferner lag als die Art eines Stubengelehrten, der vielmehr sein Lebenlang den freien Ton eines frischen Burschen schätzte und liebte. Der in der Norddeutschen Allgemeinen Zeitung vom Sonntag dem 21. Februar erschienene sympathische Nekrolog aus offenbar sachkundiger Feder berichtet, dass damals freundliche Beziehungen zu der kronprinzlichen Familie entstanden, und dass bei den Gesellschaften im kronprinzlichen Palaste besonders Moltke und Weierstrass sich zu einander hingezogen gefühlt und manches Stündchen in einer Ecke vertraulich plaudernd verbracht hätten.

Bei Gelegenheit seines siebzigsten Geburtstages erzählte Weierstrass mit grossem Behagen, dass er unter den vielen ihm in seinem Leben zugefallenen Pflichten vor 1848 in Deutsch-Krone das Amt eines Censors für das dortige Localblatt ausgeübt hätte. Der königliche Beamte, dem die Ueberwachung übertragen war, hatte eine Abneigung gegen die schönwissenschaftliche Literatur und begnügte sich daher mit der Durchsicht des politischen Theiles; die Beaufsichtigung des belletristischen Theiles übertrug er dem Mathematiker Weierstrass. Da nun gerade zu jener Zeit die Herwegh'schen Freiheitslieder erschienen und Weierstrass zugesandt wurden, so machte es ihm ein besonderes Vergnügen, unter den Augen des streng conservativen Censors die revolutionären Freiheitslieder abdrucken zu lassen, sicher, dass jener die Gedichte nicht lesen würde. Endlich wurde durch Einschreiten der vorgesetzten Behörden diesem burschikosen Spasse ein Ende gemacht, der nur dem Beamten, nicht aber dem Gymnasiallehrer Weierstrass Unannehmlichkeiten einbrachte. Hier haben wir den frischen, frohgemuthen Weierstrass, der trotz seiner 28 bis 30 wöchentlichen Lehrstunden, unter ihnen Schreib- und Turnstunden, und trotz seiner tiefsinnigen Untersuchungen über die Abel'schen Functionen im Kreise fröhlicher Freunde zu lustigem Schwanke bereit ist.

In der Enge der Kleinstadt und in den Banden des seine Kräfte beanspruchenden Standes eines Gymnasiallehrers fühlte

er sich durchaus nicht unbehaglich; im Gegentheil, er bewahrte dieser Zeit ein dankbares Andenken und dachte noch an seinem achtzigsten Geburtstage mit Frohgefühl an seine Gymnasiallehrerzeit zurück, tadelte auch diejenigen, welche sich in diesem Stande nicht wohl zu fühlen vermöchten. Was er damals in seiner Rückerinnerung beklagte, war die ganz ungenügende Bibliothek des Gymnasiums, für deren Ersatz das spärliche Einkommen keine hinreichenden Mittel bot, und der Mangel an Freunden des Faches zum Austausche von Gedanken. Er muss aber auch einen liebenswürdigen Director in Braunsberg gehabt haben, wie aus einer anmuthigen Erzählung hervorgeht, welche dieser über seinen früheren Untergebenen, späteren so berühmten Academiker in Umlauf gesetzt hat. Als eines Morgens aus einer Klasse grosser Lärm gehört wurde, stellte sich heraus, dass WEIERSTRASS, der die Stunde zu geben hatte, nicht erschienen war. Der Director begab sich persönlich in die Wohnung von WEIERSTRASS; auf das Anklopfen tönte von innen das Herein, und drinnen sass WEIERSTRASS, obschon es lichter Tag war, im verdunkelten Zimmer bei herabgebrannter Lampe. Er hatte die Nacht hindurch gearbeitet und den Anbruch des Tages nicht gemerkt. Vom Director darauf aufmerksam gemacht und auf die ihn erwartenden lärmenden Schüler hingewiesen, erwiderte er nur, er könne seine Arbeit nicht unterbrechen; denn er sei einer wichtigen Entdeckung auf der Spur, die in der Wissenschaft Aufsehen machen werde. Eine moderne Wiederholung des Noli turbare circulos meos!

Die Mittheilung dieser kleinen Geschichten scheint desshalb hier nicht unpassend zu sein, weil es sich ja darum handelt, aus solchen einzelnen Zügen das lebensvolle Bild des grossen Mannes zusammenzusetzen.

Derselbe freie Sinn, mit welchem WEIERSTRASS das Leben gewissermaassen als Souverän behandelte, zeigte sich auch in seinen Veröffentlichungen. Die Entdeckungen, welche er in seinem langen, arbeitsvollen Leben gemacht hat, sind von ihm nur zum kleineren Theile dem Drucke übergeben worden. Vielleicht verursachte ihm die Arbeit des Redigirens manche Unbequemlichkeit, zumal er an die endgültige Form peinliche Anforderungen stellte; vielleicht auch hatte er über irgend einen nebensächlichen Punkt noch nicht völlige Klarheit ge-

wonnen; dies genügte dann für ihn, die Veröffentlichung zurückzuhalten. Wie H. v. HELMHOLTZ von selbst bei seinem Jubiläum einst sagte, er hätte seine Arbeiten im Grunde nur ausgeführt, um sich selber klar zu werden über die vorliegenden Probleme, an sonstige Zwecke aber hätte er kaum dabei gedacht, so gilt das Gleiche auch von WEIERSTRASS. Dieser trat sogar nach erlangter Klarheit mit seinen Ergebnissen nicht einmal immer in die Oeffentlichkeit, sondern war zufrieden, wenn er seinen Freunden und Schülern Einblick in seinen Gedankengang gewähren konnte. Hierin bewährte er die Trefflichkeit eines Ausspruches von KUMMER: Eine echte Freude empfindet der Forscher nur einmal bei der Entdeckung einer Wahrheit; das spätere Anschauen derselben lässt kalt. Doch kommt jener Freude die andere nahe, wenn der Entdecker andere Menschen zur Erkenntniss der Wahrheit leiten kann. Besonders war es in den Vorlesungen und in den Mittheilungen an die Mitglieder des seit 1861 bestehenden mathemathischen Seminars, wo WEIERSTRASS die Resultate seiner Forschungen entwickelte. Mit Rücksicht auf die Wichtigkeit dieser Vorlesungen wurden die Nachschriften derselben vervielfältigt, und dadurch verbreitete sich allmählich die Kenntniss der in ihnen niedergelegten Gedanken. In den gesammelten Werken werden die Hauptvorlesungen von denjenigen seiner Schüler bearbeitet erscheinen, die er schon bei Lebzeiten um die Uebernahme dieser ehrenvollen Arbeit gebeten hatte. Der Inhalt einiger dieser Vorlesungen ist schon früher ohne seine Mitwirkung veröffentlicht worden, so besonders in der „Theorie der analytischen Functionen“ von O. BIERMANN.

Der Universalität des mathematischen Genius von WEIERSTRASS entspricht im Anfange seiner Lehrthätigkeit an der Universität die Vielseitigkeit der Gegenstände, über welche er vortrug. An dem Gewerbeinstitute war er zu einem wöchentlich sechsstündigen Vortrage über analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, ferner zu einem ebenfalls sechsstündigen über Infinitesimalrechnung verpflichtet. Den ersteren begann er mit der allgemeinen Streckentheorie, um von diesem Ausgangspunkte aus alle Sondererscheinungen zu beherrschen. In der Differential- und Integralrechnung liess er die Schärfe seiner functionentheoretischen Gesichtspunkte hervortreten.



Ueberall leuchteten seine originalen Gedanken hervor; allerdings waren diese Vorträge für den Durchschnitt der Zuhörer etwas zu hoch, einige der technischen Studenten aber wurden durch sie zu tieferen Studien angeleitet. Hr. HAMBURGER gehörte zur Zahl der ersten Schüler von WEIERSTRASS im Gewerbeinstitute, und Hr. SCHWARZ wurde ebenda der begeisterte Anhänger von WEIERSTRASS, wie wir ihn bis zur heutigen Stunde kennen. Zu derselben Zeit las WEIERSTRASS an der Universität über die Theorie der elliptischen Functionen (nach JACOBI'scher Bezeichnungsweise) und über Functionentheorie, sowie Variationsrechnung, seine später oft gehaltenen Vorträge; daneben aber auch über Einleitung in die Analysis und geometrische Optik. Aus dem letzteren Gebiete stammt die einzige physikalische Arbeit von WEIERSTRASS: „Ueber eine geometrische Construction, wodurch man den Weg eines Lichtstrahls durch ein System sphärischer Flächen in aller Strenge verfolgen kann", ein Vortrag, der im Tageblatt der Wiener Naturforscherversammlung 1856 abgedruckt und dessen Inhalt von Hrn. LUMMER in die Bearbeitung der geometrischen Optik, welche er für das PFAUNDLER'sche Lehrbuch der Physik geliefert hat, aufgenommen worden ist. Im Wintersemester 1862/63 überraschte WEIERSTRASS seine Studenten dadurch, dass er in dem angekündigten Kolleg über elliptische Functionen zum ersten Male die Theorie seiner grundlegenden Functionen $p(u)$ und $\sigma(u)$ entwickelte. Nach STEINER's Tode übernahm er auch die Vorlesungen über synthetische Geometrie, übertrug dieselben aber später auf die neu berufenen ausserordentlichen Professoren. Nun erst regelte sich der Kreislauf seiner regelmässig abwechselnden Vorlesungen: die Theorie der elliptischen Functionen und ihre Anwendungen, allgemeine Functionentheorie, ABEL'sche Functionen, Variationsrechnung. Die Herren HETTNER, KNOBLAUCH, FRITZ KÖTTER, PHRAGMÉN und STICKELBERGER werden diese Vorlesungen in den gesammelten Werken herausgeben.

An dieser Stelle ist es vielleicht passend, einige Worte über die Vortragsweise von WEIERSTRASS einzufügen. Als er 1856 in Berlin seine Vorlesungen begann, waren dieselben zwar durch Originalität, durch Tiefe der Gedanken und durch den Reichthum an Gesichtspunkten gleich ausgezeichnet; aber



er hatte als Vortragender noch nicht die ruhige Sammlung gewonnen, durch welche die übersprudelnden Ideen für den Hörer in übersichtliche Entwickelungen zu bringen waren. In seinem freien Vortrage versah er sich leicht und war dann genöthigt, in der nächsten Vortragsstunde ganze Partien der vorangehenden Vorlesung zurückzunehmen und neu darzustellen. Dazu kam ein anderer, ihn belästigender Umstand. Wenn er beim Schreiben dicht vor der Tafel stand, so schienen sich ihm die Buchstaben an der Tafel zu bewegen, und damit war der Beginn der oben erwähnten Schwindelanfälle gegeben. Gegen diesen unangenehmen Einfluss schützte er sich nach den Erfahrungen der ersten Jahre seit 1862 dadurch, dass er einen Zuhörer zum Schreiben an der Tafel benutzte, während er selbst, in einiger Entfernung sitzend, den Vortrag hielt und zugleich den Anschreiber überwachte. Auf diese Weise gewannen seine Vorträge allmählich die abgerundete und vollendete Gestalt, welche später an ihnen mit Recht gerühmt wurde. Weil er in diesen Vorlesungen seine eigensten Gedanken preisgab, so zog er dadurch jene grosse Schaar von Schülern an, die ihn als ihren Lehrer liebten und verehrten.

Die Verehrung, mit welcher die Schüler von WEIERSTRASS an ihm hingen, wurde aber besonders dadurch erzeugt und genährt, weil in ihm der hohe wissenschaftliche Sinn mit dem feinsten Verständnisse aller menschlichen Eigenschaften harmonisch vermählt war, so dass er von sich mit vollem Rechte hätte sagen können: Homo sum humani nil a me alienum puto. Obgleich er ein klares Bewusstsein von dem Werthe seiner Leistungen hatte, blieb er im Umgange mit Jedermann der schlichte, leutselige Mensch, der nichts Menschliches als gering achtete. Wie er einst von GUDERMANN als Privatschüler in die Mathematik eingeführt worden war, so nahm er die schüchterne SONJA KOWALEVSKY gütig auf, geleitete sie mit sicherer Hand in die Tiefen der mathematischen Erkenntniss und freute sich ihrer staunenswerthen Fortschritte. Bei der Veröffentlichung ihrer berühmten Doctordissertation äusserte er sich, er wäre froh, dass diese von ihm längst geplante Untersuchung damit abgeschlossen wäre; er selbst hätte nie die Zeit zu der mühsamen Durchführung erübrigt. Das Verhalten zu dieser seiner genialen Schülerin ist typisch für das

Verhältniss, in welchem er zu seinen Schülern stand. Zwar ist das Urtheil offenbar viel zu hart, das ANNA CHARLOTTE LEFFLER über diese ihre Freundin in deren Biographie ausgesprochen hat: „Ihre ganze wissenschaftliche Wirksamkeit war nichts anderes als eine Entwickelung der Ideen ihres grossen Lehrers.“ Aber solch ein schiefes Urtheil hatte einen gewissen Grund in der Verschwendung, mit der WEIERSTRASS seinen Gedankenreichthum seinen Schülern offenbarte. Aus der Fülle seiner Ideen schöpfend, kümmerte er sich nicht darum, was aus den Gaben wurde, die er als königlicher Spender um sich ausstreute. Wenn er in seinen Vorträgen der früheren Zeit einmal den Faden verlor, so freuten wir uns über solche Entgleisungen; denn bei den Überlegungen, die er dann mitzutheilen pflegte, entwickelte er aphoristisch eine Menge fruchtbarer Gedanken, von denen manche durch seine Schüler zu Abhandlungen verarbeitet wurden. Dabei fiel es ihm nie ein, solche Gedanken als sein Eigenthum in Anspruch zu nehmen; man wird danach den Ausspruch eines seiner Schüler verstehen: WEIERSTRASS freue sich über jeden Gedanken, der ihm gestohlen werde, wenn er denselben bei dem Entwender wieder finde.

Zur Verbreitung seines Ruhmes that er nichts; daher blieb dem Auslande in der ersten Zeit seines Auftretens in Berlin die Bedeutung dieses Vaters der modernen Analysis, wie man ihn wohl genannt hat, verborgen. Später, als viele Zuhörer des Auslandes ihn kennen gelernt, seinen Ruhm verbreitet hatten, erkannte man ihm neidlos und gern die erste Stelle in der Mathematik zu, die er nicht gesucht noch begehrt hatte, und die höchsten Ehren, die für den Gelehrten erreichbar sind, fielen ihm besonders in den letzten Jahren seines Lebens in den Schooss. Und auch darin zeigte er sich als wahrer Mensch, dass er über diese spät gespendeten Beweise der Anerkennung dankbare Freude empfand und äusserte.

Sein unpersönliches, rein sachliches Verhalten bei bedeutsamen Entdeckungen mag durch zwei Beispiele belegt werden. Nach der Bekanntgebung des LINDEMANN'schen Beweises für die Transcendenz der Zahl π verfasste er in heller Freude über die Arbeit selbst einen Beweis für denselben Satz und behandelte in seiner Darstellung den Gegenstand

mit der ihm eigenen lichtvollen Klarheit. In ähnlicher Weise verbreitete er sich über den MITTAG-LEFFLER'schen Satz aus der Functionentheorie, nachdem der Entdecker desselben ihn veröffentlicht hatte. Indem WEIERSTRASS seine eigensten Gedanken auf seine Schüler vererbte, hatte er an ihren Arbeiten, wenn sie in seinem Sinne ausfielen, dieselbe Freude, wie ein Vater an den Erfolgen seiner Kinder. Daher blieb er auch in dauernder Freundschaft mit ihnen verbunden, und wie er seinen Schülern aus dem Schatze seiner Aufzeichnungen ohne Bedenken einzelne Bogen zum freien Gebrauche überliess, so erwartete er auch als selbstverständlich ihre Unterstützung, wenn er ihrer bedurfte. Während des letzten Jahrzehnts seines Lebens, wo er zuerst seltener, nachher gar nicht mehr das Haus verlassen konnte, verabredeten sich die in Berlin ansässigen jüngeren Docenten und Professoren, welche seine Schüler sind, dahin, dass jeder von ihnen den geliebten Lehrer an einem bestimmten Wochentage der Reihe nach besuchte, um mit ihm zu plaudern über Wissenschaftliches oder auch über die Vorfälle des täglichen Lebens, wenn ihn wissenschaftliche Gespräche zu sehr anstrengten. Wenn er zwischen seinen Schülern sass, so ging ihm das Herz wieder auf, besonders so lange er noch ein Glas Wein mit ihnen trinken konnte. Welche Treue er ihnen bewahrte, davon wissen viele zu erzählen. Eine seiner letzten Freuden, vielleicht überhaupt die letzte war es ja, als er wenige Tage vor seinem Heimgange die Berufung eines seiner Schüler auf einen Lehrstuhl der Mathematik erfuhr; eine Nachricht, die er mit Ungeduld erwartet hatte, von der er wiederholt sagte, er würde ihr Eintreffen nicht mehr erleben.

Bei der Vollendung des achtzigsten Lebensjahres, am 31. October 1895, vereinten sich alle deutschen Mathematiker, um dem greisen Veteranen der Mathematik ihre Huldigung darzubringen. Feste in grösserem Stile zu feiern, verbot sich von selbst, weil der Jubilar, seit lange schon an den Rollstuhl gefesselt, auf ärztliche Anordnung nur etwa zwei Stunden lang die Abordnungen empfangen durfte, um die ihm von vielen Seiten dargebrachten Glückwünsche entgegenzunehmen. Bei dieser Gelegenheit war auf Befehl Sr. Majestät des Kaisers sein Bildnis für das Nationalmuseum in künstlerischer Voll-

endung gemalt worden; doch bei allen ihm zuströmenden Ehrungen versicherte er, es wäre für ihn die schönste Feier des Tages, seine Freunde und Schüler um sich sehen zu dürfen, die jetzigen Studenten in der Abordnung des mathematischen Vereins begrüssen zu können; innigen Dank liess er diesem Vereine zurufen für den Commers, der zu seinen Ehren veranstaltet wurde, dem aber nur seine beiden Schwestern beiwohnen konnten.

Herzliche brüderliche Zuneigung verknüpfte ihn mit diesen beiden Gefährtinnen seiner Leiden und Freuden; leider entschlief die eine, Clara, wenige Monate nach jenen Festestagen. Wie sehr er auch an seinem Bruder hing, der jetzt in Breslau seinen Wohnsitz hat, das zeigte er an seinen beiden letzten Geburtstagen. Am achtzigsten war der Bruder durch Krankheit abgehalten, selber zu kommen, schickte aber als Glückwunsch ein längeres poetisches Telegramm. Dieses allein von allen eingelaufenen Telegrammen musste auf Verlangen des Geburtstagskindes den Anwesenden vorgelesen werden. Im folgenden Jahre war der Bruder herbeigeeilt und wurde nun durch den Einundachtzigjährigen aufgefordert, das neue zu dem Tage verfasste Geburtstagsgedicht vorzutragen und die Anspielungen auf die Jugendzeit des Gefeierten zu erläutern.

In demselben Jahre wie Bismarck geboren, hatte Weierstrass eine zwar nicht ganz so hohe, wohl aber eine ähnliche kräftige und gedrungene Gestalt. Als kerniger Westfale, welche Heimath seine Sprechweise verrieth, erinnerte er durch sein Aeusseres durchaus nicht an einen Gelehrten. Der grosse ausdrucksvolle Kopf mit glatt rasirtem rundem Gesicht hatte früh stark gelichtetes Haar, wodurch die hochgewölbte Stirn offengelegt war. Der verbliebene Lockenkranz, der das Haupt umwallte, war schon zu Anfang der sechziger Jahre weiss. Die klugen blauen Augen, die etwas schief geschlitzt waren, kniff er bei schwierigen Stellen des Vortrags wohl zu, wie wenn er die Gedanken gegen die Eindrücke der Aussenwelt schirmen müsste. Die letzten Bildnisse, das sehr gelungene Porträt in Oel von R. von Voigtländer, welches mit glücklichem Griffe den geistig belebten Ausdruck der Züge wiedergiebt, und die Radirung von Fehr entstammen seinen letzten Lebensjahren, und besonders das letztere zeigt ihn

als kranken Greis in seinem Lehnstuhle. Wie BISMARCK hatte auch er die Peinigungen der durch vieles Denken überangestrengten Nerven zu ertragen; wie dieser hat er es trotzdem zu hohem Alter gebracht, ist aber doch vor ihm erlegen. Nun ist auch der zuletzt so gebrechliche Leib, der mehr als einundachtzig Jahre dem gewaltigen Geiste als Wohnung gedient hat, des Lebens beraubt. Uns aber bleibt das Andenken an einen Mann, der wegen seiner geistigen Gaben den Ersten der Menschheit zuzuzählen ist, und der doch immer schlicht und einfach war und nichts sein wollte als der Bruder seiner Mitmenschen.

Ueber optische, durch electrische Scheinwerfer hervorgerufene Täuschungen; von F. von Hefner-Alteneck.

(Vorgetragen am 19. Februar 1897.)

(Vgl. oben p. 41.)

Im vorigen Sommer hatte ich, übrigens mit tausend Anderen, in Genf Gelegenheit eine durch electrische Scheinwerfer in besonders auffälliger Weise hervorgebrachte Erscheinung zu beobachten. Ueber dem höchsten Pavillon der Landesindustrieausstellung war zeitweise ein solcher Scheinwerfer von sehr kräftiger und die Strahlen gut zusammenhaltender Wirkung in Thätigkeit und wurde ab und zu so in Schwingungen versetzt, dass das Strahlenbündel über dem See innerhalb eines Winkels von ungefähr 45^{0} hin und her schwebte. Denjenigen Personen, welche sich unterhalb dieses Winkels z. B. in einer Entfernung von 800 *m* vor dem Scheinwerfer und mit dem Rücken ihm zugekehrt befanden, erschienen dabei die durchlaufenen Richtungen des Strahlenbündels nicht fächerförmig auseinander, sondern so zu gehen, dass sie sich alle draussen im See wieder in einem Punkte vereinigten. Es schien gerade so, als ob weit draussen ein zweiter Scheinwerfer aufgestellt wäre, welcher dem anderen seine Strahlen entgegensandte. Die Bewegung des Strahlenbündels glich derjenigen einer zwischen zwei Punkten gespannten schwingenden Saite, mit dem Unterschiede jedoch, dass die Schwingungen keine Ebene sondern eine starke Wölbung über den Beobachter hinweg beschrieben, welche an ihrem Ende aus dem unsichtbaren See steil aufsteigend erschien. Bis zum Vereinigungspunkte selbst blieben die Strahlen allerdings nicht sichtbar, aber nahe bis hin, und wiesen ganz ausgesprochen auf einen vollkommen ruhenden Punkt, den man sich etwas unter dem Horizont liegend denken konnte.

Der thatsächlich vorhandene Ausschlagwinkel von ungefähr 45^{0} war aus gewissen Anzeigen mit ziemlicher Sicherheit zu erkennen, wenn man sich aber umdrehte, so erschien

er dicht bei dem Scheinwerfer sehr viel grösser, ja nicht weit entfernt von 180°.

Es ist begreiflich, dass die Entstehung einer so auffälligen Täuschung, die sich in riesigem Maassstabe mit einer an und für sich sehr glänzenden Erscheinung verband, an Ort und Stelle wiederholt und lebhaft besprochen wurde. Im Allgemeinen wurde sie einfach für eine Luftspiegelung erklärt, was vielleicht damit zusammenhängt, dass Luftspiegelungen am Genfer See in der That häufig zu beobachten sein sollen. Bei näherer Betrachtung ist aber nicht der geringste Zusammenhang mit den Erscheinungen einer Luftspiegelung zu finden, zumal da die Täuschung einen Abend genau wie den anderen auftrat. Auch war zu bemerken, dass, wenn das Strahlenbündel einmal in seitlicher Stellung verweilte, es dann nicht mehr gebogen erschien. Ich konnte mir aber nicht darüber klar werden, auf welche Art das Geraderichten vor sich ging, ich hatte nur die Empfindung, dass sich das Auge anders orientirte, und der Strahl war auf einmal gerade.

Ohne etwaigen besseren Erklärungen für die eigenthümliche Erscheinung vorgreifen zu wollen, theile ich die folgende mit, die mir allerdings erst nachträglich eingefallen ist, sodass ich Controlbeobachtungen nicht vornehmen konnte.

Bekanntlich sieht ein ganz unbefangener Beobachter die Gestirne, z. B. den Vollmond am freien Himmel, in einer linearen Grösse, welche der Verlegung auf ein Gewölbe (Glocke) von überraschend kleinem Durchmesser und noch geringerer Höhe entspricht. Nimmt man nun an, dass die Vorstellung von einem solchen Gewölbe dem Beobachter auch bei dunklem Himmel bleibt, und untersucht man, welche Erscheinung die Verlegung des Strahlenbündels in seinen verschiedenen Stellungen auf das Gewölbe bieten muss, so wird man finden, dass in der That diejenigen Curven entstehen, in welchen der Strahl in Bewegung gesehen wurde. Sie sind die Schnittlinien der Ebenen durch das Auge und durch das Lichtbündel in seinen verschiedenen Stellungen mit dem Gewölbe. Das Auge war dabei nach der Mitte der ganzen Erscheinung dauernd abgelenkt oder hatte nicht genügend Zeit, sich nach dem in Bewegung befindlichen Strahl zu orientiren. Trat jedoch einen Moment Ruhe ein, so hatte der Beobachter Zeit und Fähig-

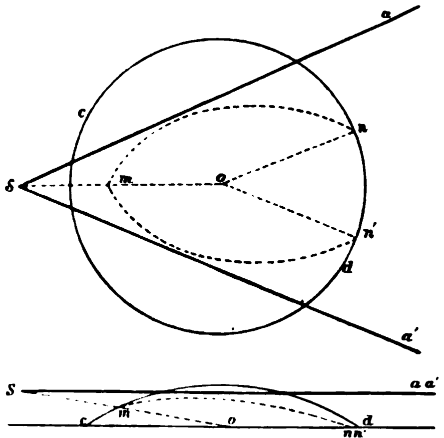


keit, den unmittelbar empfundenen Eindruck in die Wirklichkeit zu übersetzen und der Lichtstrahl erschien wieder gerade.[1])

Ich möchte bei dieser Gelegenheit noch an eine andere ziemlich bekannte Erscheinung bei electrischen Scheinwerfern, welche ich schon vor beinah 30 Jahren öfters herbeizuführen Gelegenheit hatte, erinnern. Wenn man dicht vor dem Scheinwerfer einen unter 45° geneigten Spiegel anbringt, der einen Theil des Strahlenbündels senkrecht in die Höhe wirft, so geschieht dies mit scharfen Rändern und bis in unabsehbare Weite, sodass der Eindruck der Unendlichkeit entsteht. Die Erscheinung rief stets bei den Zuschauern Ausdrücke des Staunens hervor. Ueberhaupt glaube ich, dass die in die dunkle Nacht weit hinausgeworfenen Lichtbündel electrischer Scheinwerfer eine Fundgrube von Erscheinungen bieten, deren regelrechte Untersuchung wohl lohnend wäre.

---

1. In den beigedruckten Figuren (Grundriss und Aufriss) bezeichne *S* den Ort des Scheinwerfers, *o* den des Beobachters, *S a*, *S a′* die äussersten Stellungen des Lichtbündels und *c d* ganz ungefähr das scheinbare Himmelsgewölbe, dann zeigen die punktirten Linien *n m n′* die Schnittlinien der Ebenen *S a o* und *S a′ o* mit dem Gewölbe. Dass die Entfernung *n n′* verhältnissmässig noch viel kleiner gesehen wurde, als sie in der Figur erscheint, kann sich daraus erklären, dass z. B. der Vollmond frei am dunklen Himmel in einer linearen Grösse gesehen wird, die der Verlegung in eine sehr geringe Entfernung entspricht, dass aber trotzdem die Entfernung sehr viel grösser geschätzt wird, also thatsächlich eine arge Täuschung über den Sehwinkel im Sinne einer Verkleinerung vorliegt. Für die weiten Entfernungen der Strahlen über dem Beobachter, welche mit einem Blick nicht mehr zu fassen waren, konnten diese Täuschung sehr wohl fortfallen.



Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 16. **Nr. 6.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 19. März 1897.

Vorsitzender: Hr. W. von Bezold.

Hr. **E. Lampe** besprach

gewisse Fehler in dem Tabellenwerke „Nuove tavole delle funzioni iperboliche“ von A. Forti.

Hr. **M. Thiesen** machte dann

eine Bemerkung über die Verdampfungswärme.

Hr. **F. Neesen** besprach und zeigte

eine Aenderung in dem Zufluss des Quecksilbers bei Quecksilberkolbenpumpen.

Ueber gewisse Fehler in dem Tabellenwerke „Nuove tavole delle funzioni iperboliche" von A. Forti (Roma, 1892); von E. Lampe.

(Vorgetragen am 19. März 1897.)

(Vgl. oben p. 73.)

Der Verfasser des im Titel genannten Buches hat schon 1863 eine fünfstellige Tafel der Hyperbelfunctionen veröffentlicht und derselben 1870 eine siebenstellige Tafel folgen lassen; bei beiden war als Argument der Functionen der Centriwinkel φ angenommen, für den $\operatorname{tgh} \omega = \operatorname{tg} \varphi$ ist. Das jüngst erschienene Werk ist sechsstellig und giebt für die Functionen

$$\sinh \omega = \tfrac{1}{2}(e^{\omega} - e^{-\omega}),\ \cosh \omega = \tfrac{1}{2}(e^{\omega} + e^{-\omega}),\ \operatorname{tgh} \omega = \frac{e^{\omega} - e^{-\omega}}{e^{\omega} + e^{-\omega}}$$

auf der linken Columne des aufgeschlagenen Buches die sechsstelligen gemeinen Logarithmen, auf der rechten die Zahlenwerthe dieser Functionen, indem dieses Mal ω als Argument genommen ist. Ausserdem ist der Lambert'sche tanscendente Winkel τ, der durch die Gleichung $\operatorname{tg} \tau = \sinh \omega$ definirt ist und zur Berechnung der Tabellen gedient hat, zu dem jeweiligen Werth von ω angegeben, ebenso auch $\log \omega$. Vorgedruckt sind dem Buche die empfehlenden Gutachten der Akademie der Wissenschaften zu Neapel und des Lombardischen Instituts der Wissenschaften zu Mailand. Die äussere Ausstattung ist vortrefflich.

Auf eine eigenthümliche Weise bin ich dazu veranlasst worden, die Richtigkeit dieser Tafel zu prüfen. Für meine Uebungen zur Vorlesung über höhere Mathematik an der technischen Hochschule hatte ich die Aufgabe gestellt, die Zahlenwerthe der Functionen e^x, $\sin x$, $\cos x$, $\sinh x$, $\cosh x$ für $x=2$ aus den zugehörigen Potenzreihen auf 7 Decimalstellen genau zu berechnen, eine Arbeit, deren Durchführung mit allen Controllrechnungen keine grosse Zeit erfordert, weil die Glieder $x^n/n!$, wenn sie für $x=2$ berechnet sind, in allen fünf Reihen benutzt werden können. Beim Vergleiche der

für sinh 2 erhaltenen Zahl 3,6268604 mit der in der Forti'schen Tafel enthaltenen 3,626862 ergab sich eine Differenz von zwei Einheiten in der sechsten Decimale. Da nun aber $\sinh 2 + \cosh 2 = e^2$ ist und e^2 leicht auf 9 Decimalen durch Quadriren von 2,718281828459 gefunden wird, so wurde die Feststellung eines Fehlers der Forti'schen Tafel schnell bewirkt.

Die genauere Betrachtung der in der Tafel regelmässig abgedruckten Differenzen der Zahlen für $\sinh \omega$, entsprechend dem Intervalle 0,001 in den Zahlenwerthen für ω, zeigte auf der betrachteten Seite 255 einen so auffälligen unregelmässigen Gang dieser Differenzen, dass eine nähere Prüfung der Zahlen für $\sinh \omega$ angezeigt erschien, zumal unter cosh 1,998 der sofort erkennbare Druckfehler 5,754949 statt 3,754949 Verdacht an der Correctheit der Tafel erregte. Daher wurde in der nächsten Uebungsstunde zuerst die Entwickelung von $\sinh(\omega + x)$, $\cosh(\omega + x)$ nach Potenzen von x gefordert und nach Mittheilung der Zahlen für sinh 2 und cosh 2 auf 10 Decimalen die Berechnung der vorangehenden und nachfolgenden 10 Werthe von $\sinh \omega$ und $\cosh \omega$ auf 9 Decimalen bei einer Differenz $x = 0{,}001$ in Folgewerthen von ω. Da die betreffenden Reihen die folgende Form haben:

$$\sinh(\omega + x) = \sinh \omega + x.\ \cosh \omega + \frac{x^2}{2!} \sinh \omega + \frac{x^3}{3!} \cosh \omega + \ldots,$$

$$\cosh(\omega + x) = \cosh \omega + x.\ \sinh \omega + \frac{x^2}{2!} \cosh \omega + \frac{x^3}{3!} \sinh \omega + \ldots,$$

so ist die gewünschte Zahlenrechnung sehr rasch zu leisten. Die Tabelle auf S. 76 giebt die Zusammenstellung der berechneten Zahlen und derjenigen aus der Forti'schen Tafel.

Die richtigen Zahlen der Forti'schen Tafel sind mit einem Sternchen versehen worden. Man erkennt somit, dass unter den geprüften je 21 Werthen für $\sinh \omega$ und $\cosh \omega$ bei der ersten Function 17 falsch, bei der zweiten 9 falsch sind. Da Gudermann für die Argumente von 2 bis 2,010 im Crelle'schen Journal die Logarithmen der nämlichen Functionen auf 9 Decimalen mitgetheilt hat, so wurden zur Bestätigung der neu berechneten Werthe mit Hülfe einer achtstelligen Logarithmentafel die zugehörigen Numeri bestimmt

*

ω	sinh ω		cosh ω	
	nach Forti	neu berechnet	nach Forti	neu berechnet
1,990	3,589 419*	3,589 419 168	3,726 116	3,726 114 594
1,991	3,593 146	3,593 147 078	3,729 707	3,729 705 877
1,992	3,596 878	3,596 878 581	3,733 300	3,733 300 889
1,993	3,600 613	3,600 613 681	3,736 898	3,736 899 635
1,994	3,604 352*	3,604 352 382	3,740 502*	3,740 502 118
1,995	3,608 094	3,608 094 687	3,744 109	3,744 108 343
1,996	3,611 838	3,611 840 600	3,747 719	3,747 718 308
1,997	3,615 588	3,615 590 125	3,751 332*	3,751 332 023
1,998	3,619 344	3,619 343 265	3,754 949*	3,754 949 490
1,999	3,623 102	3,623 100 025	3,758 570	3,758 570 711
2,000	3,626 862	3,626 860 408	3,762 196*	3,762 195 691
2,001	3,630 624*	3,630 624 418	3,765 824*	3,765 824 433
2,002	3,634 391	3,634 392 058	3,769 457*	3,769 456 941
2,003	3,638 162	3,638 163 333	3,773 092	3,773 093 219
2,004	3,641 937	3,641 938 246	3,776 732	3,776 733 269
2,005	3,645 716	3,645 716 801	3,780 377*	3,780 377 096
2,006	3,649 498	3,649 499 001	3,784 025*	3,784 024 704
2,007	3,653 285*	3,653 284 851	3,787 676*	3,787 676 095
2,008	3,657 075	3,657 074 355	3,791 331*	3,791 331 275
2,009	3,660 867	3,660 867 515	3,794 990*	3,794 990 245
2,010	3,664 665	3,664 664 336	3,798 653*	3,798 653 011

und dadurch in der That die Richtigkeit der ersten acht Stellen der neu berechneten Zahlen bekräftigt.

Nachdem das Vorhandensein so vieler Fehler an einer Stelle der Forti'schen Tafel festgestellt war, wurden Stichproben an anderen Stellen vorgenommen, und es konnten überall für Ungenauigkeiten in der letzten Stelle der gegebenen Zahlen Beispiele nachgewiesen werden, obschon es den Anschein hat, dass die Fehler selten so dicht und von solchem Betrage wie auf der zufällig zuerst untersuchten Seite stehen. Besonders liess ich mich bei der Aufspürung von Fehlern durch die Beachtung von Unregelmässigkeiten in den Differenzen der gegebenen Zahlen leiten und habe dadurch noch manche Fehler gefunden.

Um ein recht augenfälliges Beispiel hierfür zu geben, setze ich die Zahlen für sinh ω vom ω = 1,980 bis 1,985 her. dieselben lauten:



	nach FORTI		nach meiner Rechnung	
sinh 1,980	3,552337	Diff.	3,552337	Diff.
sinh 1,981	3,556024	3687	3,556029	3692
sinh 1,982	3,559720	3696	3,559725	3696
sinh 1,983	3,563422	3702	3,563424	3699
sinh 1,984	3,567126	3704	3,567127	3703
sinh 1,985	3,570833	3707	3,570833	3706

Der Sprung der Differenzen von 3687 auf 3696 um 9 Einheiten verräth, dass an dieser Stelle ein Fehler vorhanden sein muss, ein Fehler, der diesmal sogar 5 Einheiten der letzten Decimale beträgt. Beiläufig ist nur die erste und die letzte dieser 6 Zahlen bei FORTI richtig.

Ein systematischer Fehler bei der Abrundung der Zahlen tritt darin zu Tage, dass immer genau die Differenz der Logarithmen von Sinus und Cosinus gleich dem von Tangens gesetzt ist. Bekanntlich hat schon GAUSS (Werke, Bd. III, p. 257) diesen Mangel an dem VEGA'schen Thesaurus gerügt und dabei bemerkt, dass wegen der Abrundung der letzten Stelle im Durchschnitt unter vier Fällen einmal eine Differenz von einer Einheit zwischen $\log \sin x - \log \cos x$ und $\log \operatorname{tg} x$ auftritt. In den 11 Fällen von $\omega = 2{,}000$ bis $\omega = 2{,}010$ ist nach der GUDERMANN'schen Tafel sogar viermal eine Correctur in den FORTI'schen Logarithmen anzubringen, so dass hier schon in 4 Fällen unter 11 eine Ungleichheit jener Differenz entsteht.

Zu derselben Gattung von Fehlern ist die Uebereinstimmung der sechsten Stelle zwischen $\sinh \omega$ und $\cosh \omega$ auf den Seiten 291, 293 zu rechnen, wo $\sinh \omega = \cosh \omega$ in sechs Stellen erscheint. Für grössere Werthe von ω hat ja $e^{-\omega}$ keinen Einfluss mehr auf die sechste Stelle. Da dieses zwischen $\omega = 7$ und $\omega = 8$ eintritt, für $\omega = 7{,}1$ aber $\sinh \omega = 710{,}983$ ist, so kann man zunächst fragen, wann $\cosh \omega - \sinh \omega = 0{,}001$ ist. Aus $\cosh^2 \omega - \sinh^2 \omega = 1$ ergiebt sich dann $\cosh \omega + \sinh \omega = 1 : 0{,}001 = 1000$; mithin $\cosh \omega = 500{,}0005$, $\sinh \omega = 499{,}9995$, woraus nach der Tafel ω ungefähr gleich 6,9. Nimmt man dagegen $\cosh \omega - \sinh \omega = 0{,}0006$, so berechnet man in ähnlicher Weise $\cosh \omega = 833{,}33363$, $\sinh \omega = 833{,}33303$, oder auf 6 Stellen gekürzt: $\cosh \omega = 833{,}334$, $\sinh \omega = 833{,}333$, wo ω etwa $= 7{,}42$.

Mithin können in den auf 6 Stellen abgerundeten Zahlen der Functionen $\sinh\omega$ und $\cosh\omega$ bei $\omega = 7{,}4$ recht wohl Differenzen von einer Einheit in der letzten Ziffer auftreten, und diese Differenz wird von den Gesetzen der mathematischen Wahrscheinlichkeit ebenso nothwendig gefordert wie oben bei $\log\sinh\omega - \log\cosh\omega$ und $\log\operatorname{tgh}\omega$. Nun sind aber von $\omega = 7{,}11$ an in der FORTI'schen Tafel die Zahlen für $\sinh\omega$ und $\cosh\omega$ in der letzten Stelle gleich; da jedoch a priori auf die Unmöglichkeit dieser Uebereinstimmung geschlossen werden durfte, so hatte hier wieder eine nähere Prüfung stattzufinden, und die Vermuthung wurde bestätigt, dass eine Berichtigung der letzten Stelle in vielen Fällen vorgenommen werden muss und die Abrundung nach keiner festen Regel bewirkt worden ist.

Aufschluss über den Ursprung aller dieser Fehler erhält man durch die Vorrede an derjenigen Stelle, wo kurze Angaben über die Art der Berechnung der Tafeln gemacht sind. Demnach sind siebenstellige logarithmisch-trigonometrische Tafeln benutzt worden. Zunächst ist aus ω der Winkel τ berechnet nach der Formel $e^{\omega} = \operatorname{tg}(\frac{1}{4}\pi + \frac{1}{2}\tau)$, danach folgt $\log\sinh\omega = \log\operatorname{tg}\tau$ und hieraus als Numerus $\sinh\omega$, u. s. w. Die Nachrechnung mehrerer Fälle ergab, dass zweifellos die Benutzung der Proportionaltafeln der siebenstelligen Tafel nicht mit der erforderlichen Sorgfalt stattgefunden hat, besonders bei der Bestimmung des Numerus aus dem Logarithmus. Hierbei ist zu beachten, dass in dem Beispiele, welches Veranlassung zur ganzen Untersuchung gegeben hat: $\sinh 2 = 3{,}626862$ der Numerus 7 Stellen umfasst, dass also hier mit besonderer Sorgfalt verfahren werden musste. Diese Vermuthung des Sachverhaltes wird gestützt durch die Zahlen des einen Musterbeispieles für die Berechnung auf p. 24, wo der Winkel τ für $\omega = 0{,}1980$ aus $\frac{1}{4}\pi + \frac{1}{2}\tau = 50^0\,38'\,8{,}0''$ statt $8{,}08''$ zu $11^0\,16'\,16''$ statt $16{,}16''$ angegeben ist. Hierdurch folgt $\log\sinh\omega = 0{,}2994973 - 1$ statt $0{,}2994991 - 1$ und daraus $\sinh\omega = 0{,}199295$ statt $0{,}1992963$. Merkwürdiger Weise ist dieser Fehler des Musterbeispiels an der betreffenden Stelle der Tafel p. 134 verbessert worden.

Hiernach ist also als Gesammtergebniss der Prüfung der FORTI'schen Tafel das Urtheil auszusprechen, dass die sechste



Stelle der Zahlen in der Forti'schen Tafel als unsicher zu betrachten ist. Nun findet sich allerdings auf p. 24 der Satz, dass der Verf. „im allgemeinen die Genauigkeit der fünften Stelle gesichert hat.“ Aber es ist sonst nicht üblich, in mathematischen Tafeln, unsichere Stellen abzudrucken, zumal wenn es, wie hier, so leicht ist, diese Stellen genau zu berechnen und die Ergebnisse der Rechnung zu controlliren. Warum der Abdruck der unsicheren sechsten Stelle geschehen ist, warum nur das eine Verfahren zur Berechnung der Tafel benutzt ist, andere gleichwerthige Methoden nicht gebraucht sind, obschon eine Controlle der errechneten Zahlenreihen geboten war, warum von dem Argumente $\omega = 2$ an aufwärts die neunstelligen Gudermann'schen Logarithmen nicht verwerthet sind, für alle diese Fragen sucht man vergeblich nach Antwort in dem sonst so gut angelegten Werke des Verf., der sein Lebenlang sich mit dem Gegenstande beschäftigt hat. Von einer Tafel für die Hyperbelfunctionen muss man wie von jeder logarithmisch-trigonometrischen Tafel verlangen, was Gauss als Grundsatz hinstellt, „dass die Tabulargrösse dem wahren Werthe allemal so nahe kommen soll, als bei der gewählten Anzahl von Decimalstellen möglich ist, und es darf folglich die Abweichung niemals mehr als eine halbe Einheit der letzten Decimale beitragen.“ Wir können nur zum Schlusse unser Bedauern darüber ausdrücken, dass dieser allgemein anerkannte Grundsatz für mathematische Tafeln bei einem Werke unbeachtet geblieben ist, das nach Anlage und Ausstattung zu den besten Hoffnungen berechtigte.

Bemerkung über die Verdampfungswärme;
von M. Thiesen.

(Vorgetragen am 19. März 1897.)

(Vgl. oben p. 75.)

Im kritischen Punkte verschwinden gewisse Grössen, wie $v_1 - v_2$, während ihre Differentialquotienten unendlich werden; man schliesst daraus, dass diese Grössen in der Nähe des kritischen Punktes proportional mit einer gebrochenen Potenz von $\mathfrak{T} - T$ sein müssen, falls T die absolute Temperatur, $\mathfrak{T}$ diese Temperatur im kritischen Punkte bezeichnet. Ich wurde durch verschiedene Ueberlegungen zu der Annahme geführt, dass diese Potenz gleich $^1/_3$ sein dürfte, und fand diese Annahme, soweit die Mängel des vorliegenden Beobachtungsmaterials eine Prüfung zulassen, im Allgemeinen bewährt. Dabei zeigte sich, dass die Verdampfungswärme insofern eine besondere Stellung einnimmt, als sie für viele Substanzen auch noch in grösseren Abständen vom kritischen Punkte mit $(\mathfrak{T} - T)^{1/3}$ proportional zu bleiben scheint; setzt man also

$$\varrho = \mathfrak{r}(\mathfrak{T} - T)^{1/3}$$

so ist $\mathfrak{r}$, wenn nicht streng constant, doch eine jedenfalls sich nur langsam ändernde Grösse.

Dies trifft, wie ich nun nachweisen will, besonders gut beim Wasser zu, für welches auch genügend sichere experimentelle Daten vorliegen. In der folgenden Tabelle ist der erste Werth der Verdampfungswärme ϱ von Dieterici, die zwei folgenden sind von Griffiths bestimmt; die andern Werthe entsprechen den von Winckelmann ausgeglichenen Bestimmungen Regnault's. Für $\mathfrak{T}$ habe ich nach Cailletet und Colardeau $273 + 365 = 638$ angenommen.

Die Constanz von $\mathfrak{r}$ ist zwischen 0 und 150° sehr gut; doch auch für höhere Temperaturen sind die Abweichungen nicht grösser, als der Unsicherheit der Bestimmung von ϱ entspricht, namentlich aber ist der Gang der Gang der Abweich-

ungen nicht derart, wie er bei einer Unrichtigkeit des angenommenen Gesetzes zu erwarten wäre.

	T	ϱ	Log r
273 +	0°	596,80	1,9217
	30,00	578,70	1,9211
	40,15	572,60	1,9206
	65,36	558,62	1,9216
	100	535,78	1,9212
	133,91	511,63	1,9210
	159,22	493,57	1,9222
	175,77	482,18	1,9242
	188,41	473,88	1,9260
	195,53	469,38	1,9285

Eine genügende Uebereinstimmung, deren Beweiskraft aber durch die geringe Genauigkeit der experimentellen Grundlage sehr geschwächt wird, findet auch bei Aether, Aceton, Chloroform, Stickoxydul (nach MATHIAS) und etwa noch Chlorkohlenstoff, Schwefelkohlenstoff und Alkohol statt. Nicht vereinigen lässt sich das Gesetz mit den Versuchen von GRIFFITHS über Benzol, für welches es auf eine kritische Temperatur von 253° statt 292° führen würde; ebenso weichen nach den Versuchen von MATHIAS Kohlensäure und besonders stark schweflige Säure [1]) ab.

Für diejenigen Körper, bei denen das Gesetz zu gelten scheint, wird

$$\frac{\mu \varrho_0}{\mathfrak{T}} = \mu \mathfrak{r} \mathfrak{T}^{-2/3}$$

nahe gleich derselben Grösse (etwa 20), falls μ das Molekulargewicht, ϱ_0 den Werth von ϱ im absoluten Nullwerthe, bezeichnet. Die folgende Zusammenstellung giebt den Werth dieser Grösse [2]) für einige Körper:

Wasser	20	Aceton	20
Schwefelkohlenstoff	15	Chloroform	19
Alkohol	28	Chlorkohlenstoff	18
Aether	20	Stickoxydul	16
Kohlensäure	17	Schweflige Säure	19
Benzol	15		

1) In einer neueren Arbeit giebt aber MATHIAS selber an, dass die von ihm gefundene Aenderung von ϱ zu gross war: MATHIAS, Extrait des Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse **10.** p. 38.

2) Dieselbe hängt natürlich von der Temperatur ab, falls das Gesetz nicht gilt.

Die Abweichungen der Zahlen zeigen, dass das zuletzt ausgesprochene Gesetz, welches dem VAN DER WAALS'schen Gesetz der correspondirenden Zustände entspricht, nur ein genähertes ist; immerhin ist die Uebereinstimmung der Zahlen so gross, dass man behaupten kann, man könne auf Grund der gegebenen Beziehungen für jede Flüssigkeit, deren kritische Temperatur bekannt ist, die Verdampfungswärme bei beliebiger Temperatur der Ordnung nach bestimmen. Dazu dient die Formel:

$$\varrho = \frac{20\mathfrak{T}^{2/3}}{\mu}(\mathfrak{T} - T)^{1/3}.$$

Eine Prüfung der aufgestellten Gesetze auf indirectem Wege bleibt späteren Mittheilungen vorbehalten.

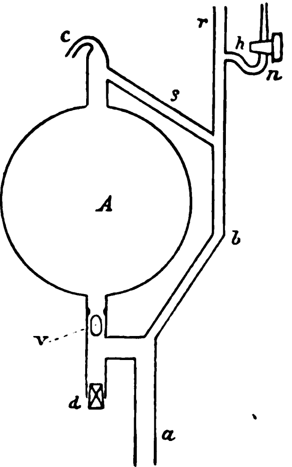


Aenderung in dem Einströmen des Quecksilbers bei Kolbenquecksilberpumpen; von F. Neesen.

(Vorgetragen am 19. März 1897.)

(Vgl. oben p. 75.)

An der in Wied. Ann. Bd. 58, S. 415—416 beschriebenen Ventileinrichtung ist für den Verfertiger die Unbequemlichkeit vorhanden, dass das Ventil eingestellt werden muss. Durch die Verlegung des Ventiles an eine andere Stelle fällt dieser Umstand weg und werden gleichzeitig andere Vortheile gewonnen.



Das Quecksilbergefäss *A* steht durch *a* in Verbindung mit dem Reservoir, aus welchem es gefüllt wird, und durch die bekannte Capillare *c* mit der Saugpumpe oder der atmosphärischen Luft. In *a* ist ein Rückschlagventil *v* angeordnet ferner geht von *a* eine Rohrverbindung *b* zum auszupumpenden Recipienten. Rohr *s* zweigt von *b* ab und führt nach dem oberen Theil des Gefässes *A*. Steigt nun das Quecksilber in *a* in die Höhe, so schliesst sich durch Auftrieb Ventil *v*. Das Quecksilber geht nach *b*, schliesst das zum Recipienten führende Rohr *r* ab und geht durch *s* nach *A* über, fällt also von oben in *A* hinein, während bei allen bisherigen Ausführungen das Quecksilber von unten in *A* aufstieg. Die Luft wird wie sonst durch das Quecksilber nach *c* und von da weiter getrieben. Beim Zurückfallen des Quecksilbers von *A* nach *a* öffnet sich Ventil *v* und lässt das Quecksilber austreten. Hierbei entleert sich auch Rohr *b*, so dass die Verbindung von *A* mit dem Recipienten während der ganzen Dauer des Herunterfallens des Quecksilbers hergestellt ist. Der grosse Vor-

theil, den der letzterwähnte Umstand mit sich bringt, ist schon früher hervorgehoben worden. Die Luft braucht bei vorgeschrittener Verdünnung eine erhebliche Zeit um aus den entfernteren Theilen der Recipienten zum Gefäss *A* zu gelangen, sodass es von erheblichem Nutzen ist, dass hier *A* lange mit dem Recipienten in Verbindung steht.

Ein weiterer Gewinn ergiebt sich daraus, dass nicht mehr wie früher die ganze in *A* befindliche Quecksilbermenge in Aufwärtsbewegung begriffen ist. Bisher war das der Fall, und brachte den Uebelstand mit sich, dass beim Anschlagen dieser grossen Quecksilbermenge an die Capillare *c* oder den an Stelle derselben befindlichen Hahn sehr leicht ein Zersprengen der Pumpe eintrat. Diese Gefahr fällt bei der neuen Einrichtung ganz weg, sodass man das Quecksilber bis zum letzten Augenblick mit derselben Geschwindigkeit aufsteigen lassen kann. Ich ziehe vor, die Geschwindigkeit nicht zu gross zu nehmen, weil sich sonst leicht Luftblasen an den Wänden festsetzen. Bei meiner selbstthätigen Pumpe ist an dem Reservoir, aus welchem das Quecksilber nach *A* übersteigt, ein Hahn bei der Verbindungsstelle mit der äusseren Luft angebracht, durch dessen Stellung der Zufluss der Luft gehemmt und so das Ansteigen des Quecksilbers verlangsamt werden kann.

Einen dritten Vortheil bietet die Einrichtung dadurch, dass man mit derselben nach Belieben die eingesaugte Luft aus *A* wieder in den Recipienten zurücktreten lassen kann. Es war dieses bisher der einzige Vorzug der alten Hahnpumpen vor den sonst überlegenen Pumpen mit der Capillare *c*.

Hat man zum Beispiel meine selbssthätige Pumpe mit Hahnsteuerung und hat zuviel Luft aus dem Recipienten nach *A* überströmen lassen, so wird der Hahn an dem Quecksilberreservoir, welcher die abwechselnde Verbindung des letzteren mit einer Saugpumpe oder der äusseren Luft besorgt, mit der Hand umgelegt, sodass äussere Luft zutritt und das Quecksilber nach *A* überfällt. Ist *A* hinreichend gefüllt, so schlägt man den Hahn wieder um, das Rohr *b* entleert sich rasch, wodurch die Verbindung zwischen *A* und dem Recipienten hergestellt ist. Nach Eintritt des gewünschten Verdünnungsgrades schlägt man den Hahn wieder um, worauf durch das aufsteigende Quecksilber abgeschlossen wird.



Durch das Ventil *v*, das von grossem Querschnitt genommen werden kann, da es ja nicht ganz dicht zu schliessen braucht, fliesst das Quecksilber ebenso rasch wie sonst ab. Es kommt dem Ueberdruck von oben noch der Umstand zu Hülfe, dass in *b* das Quecksilber rascher wie in *A* sinkt, sodass es unter dem Ventilkörper *v* weggezogen wird, also der Auftrieb zum Theil aufhört.

Um *v* gegebenen Falles reinigen zu können, ist *v* in einem unten offenen, durch einen Gummistöpsel *d* zu verschliessenden Seitenrohr zu *a* angeordnet.

Die Zeichnung zeigt schliesslich noch einen kleinen Hahn *h* am Rohre *r*, welcher in einem mit einer nur wenige Millimeter tiefen Biegung versehenen Capillare *n* sitzt. Das offene Ende des Rohres ist zu einer feinen Spitze angezogen. Dieser Theil hat den Zweck, nach Belieben minimale Luftmengen einzulassen.

Beim Spiel der Pumpe füllt sich die Capillarröhre *n* bis auf eine kleine Luftblase mit Quecksilber. Soll nun etwas Luft eintreten, so wird der Hahn *n* langsam geöffnet. Luft tritt ein, drückt das Quecksilber aus *n* heraus und geht so in den Recipienten über. Da die eintretende Luft, wenn das Quecksilber von *n* herausgedrückt wird, nur eine Spannung von etwa wenigen Millimeter besitzt, so hat man es in der Hand, durch rechtzeitiges Schliessen des Hahnes nur sehr kleine Luftmenge eintreten zu lassen.

Die beschriebene Einrichtung lässt sich nachträglich an allen Quecksilberpumpen, die auf dem Kolbenprincip beruhen, anbringen.

On a Complete Apparatus for Investigations on Electro-Magnetic Radiation; by Jagadis Chunder Bose.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 5. März 1897.)
(Vgl. oben p. 49.)

The apparatus to be described in the following pages has been used by me for various investigations on Electro-Magnetic Radiation. It is very efficient, and experiments may be carried out with it, with almost as great an ease and accuracy, as corresponding experiments with light. The apparatus is very portable, all its different parts with the various accessories for reflection, refraction, polarisation and other experiments being contained in a case 45 cm. in length, 25 cm. in breadth and 30 cm in height. It can be set up in a few minutes, the necessary adjustments requiring only a short time.

The following are the experiments which may be carried out with this apparatus:—

A. Verification of the laws of reflexion.
  1. Plane mirrors.
  2. Curved mirrors.

B. Phenomena of refraction.
  1. Prisms.
  2. Total reflexion.
  3. Opacity caused by multiple refraction and reflexion.
  4. Determination of the indices of refraction.

C. Selective absorption.
  1. Electrically-coloured media.

D. Phenomena of interference.
  1. Determination of the wave-length by curved gratings.
  2. Bi-prism experiments.

E. Double refraction and polarization.
  1. Polarizing gratings.
  2. ,, crystals.

3. Double refraction produced by crystals.
4. „ „ other substances.
5. „ „ by strain.
6. Circular polarization.
7. Magnetic rotation.
8. Electro-polariscope and polarimeter.

In the list of experiments above-mentioned, the determination of the wave-length by curved gratings has been carried out with a larger apparatus (*vide* Proc. Roy. Soc. vol. lx., "On the Determination of the Wave-length of Electric Radiation"). Experiments with circular polarization and magnetic rotation and with the bi-prism are still in progress. All the others have been repeated with the apparatus to be described below.

The complete apparatus consists of :—(1) A radiating apparatus emitting electric waves of short length; (2) A receiver used as a detector of electric radiation; and (3) Various accessories for the study of the different phenomena.

A few words may here be said about the necessary conditions to be kept in view in making the electro-magnetic radiation apparatus, an instrument of precision. First of all the radiator should be certain in its action and never fail in giving rise to oscillatory discharge. The intensity of radiation should only be of moderate intensity, for too great an intensity of radiation makes it almost impossible to guard the sensitive receiver from the disturbing action of stray radiations. As the electric waves are invisible, it is difficult to know through what unguarded places they are escaping. They may be reflected from the walls of the room, or from the person of the experimenter, and the reflected waves may thus disturb the receiver. The intensity of radiation should therefore be just strong enough to affect the receiver at a moderate distance; the stray radiations, if any, are then too weak to affect the receiver.

For accurate measurements it is also necessary to have a narrow pencil of electric radiation, and this is very difficult to obtain, unless waves of very short length are used. With long waves, diverging in all directions and curling round corners, all attempt at accurate work is useless. For angular

measurements it is necessary to direct the electric beam (sometimes with the help of lenses) in a given direction along narrow metallic tubes, and receive it in another tube within which is placed the receiver. The waves experience great difficulty in passing through narrow apertures, and there are other troubles from the interference of direct and reflected waves. These difficulties were ultimately overcome by making suitable radiators emitting very short waves. The shortest waves produced are about 6 mm. in length, and the corresponding number of oscillations is about 50,000 millions in a second. The frequency of vibration in this case will be about thirteen octaves lower than that which produces visible radiation. The intensity of radiation in the above case is rather feeble, and I generally use electric waves of about 1 cm. in length.

The parallel pencil of electric radiation used in many of the experiments to be described below is only about 1 cm. in diameter. The production of such a narrow beam became absolutely necessary for certain class of investigations. Merely qualitative results for reflection or refraction may no doubt be obtained with gigantic mirrors or prisms, but when we come to study the phenomena of polarization as exhibited by crystals, nature imposes a limit, and this limitation of the size of the crystals has to be accepted in conducting any investigations on their polarizing properties.

One of the sources of trouble in connection with electric radiation experiments is from the occasional failure of the radiator to emit electric waves. The sparks, as has been observed by HERTZ, cease to be oscillatory as soon as the sparking surfaces become roughened. The trouble entailed in taking out the balls, in the middle of an experiment for repolishing, is very great. Professor LODGE made the important observation[1]) that if two side balls were made to spark into an interposed sphere, the oscillatory nature of the discharge was not affected to a very great extent by a change in the nature of the surface, and I use this form of the radiator. But even here the disintegration of the sparking

---

1) *Vide* 'The Work of HERTZ and some of his Successors'.



surface, produced by a torrent of sparks puts an end to the oscillatory discharge. I found this difficulty removed to a great extent by making the balls of platinum, which resists the disintegrating action. All difficulties are practically removed by using a single spark, and the flash of radiation thereby produced is sufficient for a single experiment. It is not at all necessary (with the receiver used) to have a series of useless sparks which ultimately spoil the efficiency of the radiator and make its action so uncertain. As an electric generator I use a modified form of a small RUHMKORFF's coil, actuated by a single storage cell. A spark is produced by a short contact and subsequent break of an interrupting key. There is no uncertainty about the oscillatory nature of the spark. The coil and the cell are enclosed in a double metallic box, with a tube for the passage of the electric beam. The inner box is made of iron in order to screen the space outside from magnetic disturbances due to the making or breaking of the primary circuit of the coil. A sudden magnetic variation disturbs the receiver. The iron box is placed inside a second box of thick copper. The stud of the press-key projects through a small opening in the back or the side of the box. In front of the box is the radiatortube, which may be square or cylindrical. Inside this tube is mounted the radiator. The radiating apparatus may thus be made very small and porta, be and requires very little attention. After the storage cell ist once charged, experiments may be carried on for days, a flash of radiation being produced at any time by merely manipulating the key.

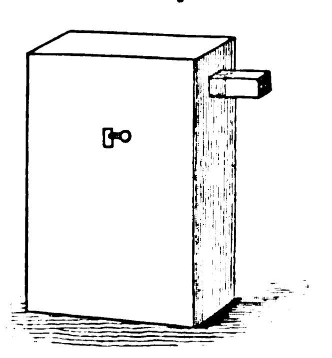


Fig 1. — The Radiating Lantern.

Having obtained a satisfactory radiator, the next difficulty to be overcome was the construction of a reliable receiver for the detection of the electric waves; the difficulties encountered in connection with the receiver were very great. The conditions for a satisfactory receiver are the following; —

(1) Its indications should always be reliable.

(2) Its sensitiveness should remain fairly uniform during the experiment.

(3) The sensibility should be capable of variation, to suit different experiments.

(4) The receiver should be of small size, and preferably linear to enable angular measurements being taken with accuracy.

For a detector of radiation I at first used the original form of Prof. Lodge's coherer which depends on the discovery of M. Branly of the change of resistance produced in a mass of metallic filings by the action of electric radiation. The coherer is an extremely delicate detector of electric radiation, but unfortunately I found its indications often to be extremely capricious. It would sometimes be so abnormally sensitive, that the galvanometer spot would rush about the scale without any apparent cause. At other times, when acting in an admirable manner, the sensitiveness would suddenly disappear at the most tantalizing moment.

From a series of experiments carried out to find the causes which may affect prejudicially the action of the receiver I was led to suppose that the uncertainty in the response of the receiver is probably due to the following:

(1) Some of the particles in the coherer might be too losely applied against each other, whereas others might be jammed together.

(2) The loss of sensibility might also be due to the fatigue produced on the contact surfaces by the prolonged action of radiation.

(3) As the radiation was almost entirely absorbed by the outermost layer, the inner mass, which acted as a short-circuit, was not necessary.

For these reasons I modified the receiver into a spiral-spring form. Fine metallic wires (generally steel, occasionally others, or a combination of different metals) were wound in narrow spirals, and laid in a single layer on a groove cut in ebonite, so that the spirals could roll on a smooth surface. The ridges of the contiguous spirals made numerous and well-defined contacts, about one thousand in number. The useless conducting mars was thus abolished

and the resistance of the receiving circuit almost entirely concentrated at the sensitive contact surface exposed to radiation. If any change of resistance, however slight, took place in the sensitive layers, the galvanometer in circuit would show strong indications. The pressure throughout the mass was made uniform, as each spring transmitted the pressure to the next. When the contact surfaces have been acted on tov long, fresh surfaces can easily be brought into contact by the simultaneous rolling of all the spirals.

The sensibility of the receiver to a given radiation, I found, depends (1) on the pressure to which the spirals are subjected, and (2) on the E. M. F. acting on the circuit. The pressure on the spirals may be adjusted, as will be described later on, by means of a fine serew. The E. M. F. is varied by a potentiometer-slide arrangement. This is a matter of great importance, as I often found a receiver, otherwise in good condition, failing to respond when the E. M. F. varied slightly from the proper value. The receiver, when subjected to radiation, undergoes exhaustion. The sensibility can, however, be maintained fairly uniform by slightly varying the E. M. F. to keep pace with the fatigue produced.

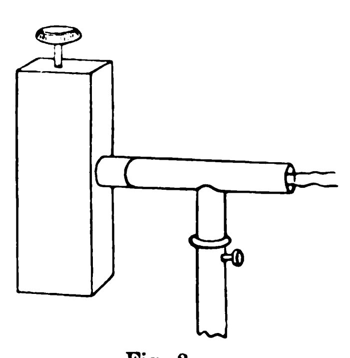


Fig. 2.
The Spiral Spring Receiver.

The receiving circuit thus consists of a spiral-spring coherer, in series with a voltaic cell and a dead-beat galvanometer. The receiver is made by cutting a narrow groove in a rectangular piece of ebonite, and filling the groove with bits of coiled spirals arranged side by side in a single layer. The spirals are prevented from falling by a glass slide in front. The spirals are placed between two pieces of brass, of which the upper one is sliding and the lower one fixed. These two pieces are in connexion with two projecting metallic rods, which serve as electrodes. An electric current enters along the breadth of the top spiral and leaves by the lowest spiral, having to traverse the intermediate spirals along

the numerous points of contact. When electric radiation is absorbed by the sensitive surface, there is a sudden diminution of the resistance and the galvanometer spot is violently deflected.

By means of a very fine screw the upper sliding-piece can be gently pushed in or out. In this way the spirals may be very gradually compressed, and the resistance of the receiver diminished. The galvanometer spot can thus easily be brought to any convenient position on the scale. When electric radiation falls on the sensitive surface the spot is deflected. By a slight unscrewing the resistance is increased, and the spot made to return to its old position. The receiver is thus re-sensitized for the next experiment.

The sensitiveness of the receiver may be increased by a proper adjustment of the E.M.F. acting on the receiving circuit. The receiver at each particular adjustment responds best to a definite range of vibration lying within about an octave. The same receiver could, however, be made to respond to a different range by an appropriate change of the E.M.F.; very careful adjustment of this is necessary to make the receiver respond at its best to a particular range of electric vibration. For simple experiments the adjustment of the receiver is not difficult; but for delicate experiments careful manipulation is necessary.

The proper adjustment of the E.M.F. is effected by taking a derived current from a circular potentiometer-slide, fixed at the base of the galvanometer. A simpler way is to take a U-tube, the two limbs being respectively filled with copper-sulphate solution and dilute sulphuric acid. Mixture of the two solutions is prevented by an interposed plug of asbestos. A rod of copper and a rod of zinc are plunged in the two electrolytes, the whole forming a modified Daniell cell. The cell is shunted by a suitable resistance, the receiving circuit being connected to the ends of the shunt. The current flowing through the shunt, and therefore the derived E.M.F. from its ends, is varied by plunging the rods more or less in the solutions.

The receiver thus constructed is perfectly reliable. It can be made extremely sensitive, and this sensitiveness can be



maintained uniform. It is thus possible to carry out some of the most delicate experiments (specially on polarication) with certainty.

The receiver is provided with a *collecting funnel.* This prevents lateral waves from acting on the receiver. The funnel has two hinged side-doors, by which its area — and, therefore, the amount of radiation collected — may be varied. When angular deviation is to be measured, the doors are made parallel and perpendicular to the layer of spirals. The aperture is reduced, and the receiver then only responds when the funnel points to the direction of the deviated ray.

In polarization experiments it is necessary to adjust the receiver carrying the analyser in a crossed position. This is done by a tangent screw, the rotation of the analyser being measured by means of an index and a graduated vertical disk.

The radiating apparatus and the receiver are mounted on stands sliding in an optical bench. Experiments are carried out with divergent or parallel beams of electric radiation. To obtain a parallel beam, a cylindrical lens[1]) of sulphur or ebonite is mounted in a tube. Suitable lenses can be constructed from the accurate determination, which I have been able to make, of the Indices of Refraction of various substances for the Electric Ray, by a method which will be described later on. This lens-tube fits on the radiator-tube, and is stopped by a guide when the oscillatory spark is at the principal focal line of the lens. The radiator-tube is further provided with a series of diaphragms by which the amount of radiation may be varied.

For experiments requiring angular measurement, a spectrometer-circle is mounted on one of the sliding stands. The spectrometer carries a circular platform, on which the various reflectors, refractors, &c. are placed. The platform carries an index, and can rotate independently of the circle on which it is mounted. The receiver is carried on a radial arm (provided with an index; and points to the centre of the circle. An observing telescope may also be used with an objective made of ebonite with a linear receiver at the focal plane. But an

1) *See* Lodge and Howard, Phil. Mag. July 1888.

ordinary receiver provided with a funnel is all that is necessary for ordinary experiments.

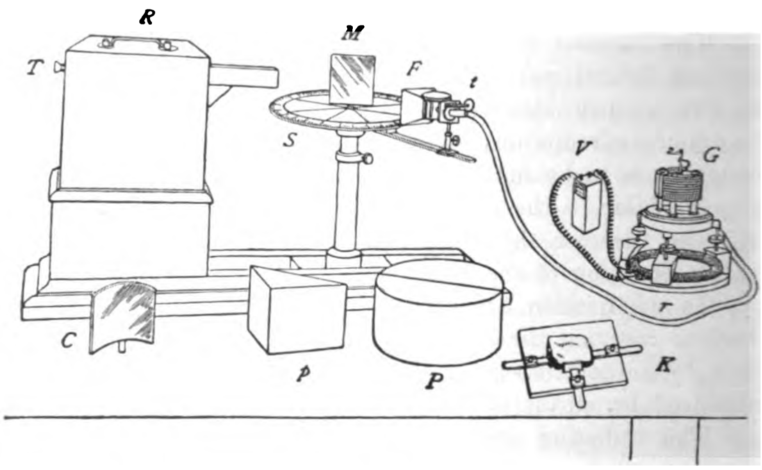


Fig. 3. — Arrangement of the Apparatus. $^1/_6$ nat. size.

R, the Radiator. *T*, the Tapping Key. *S*, the Spectrometer-Circle. *M*, the Plane Mirror. *C*, the Cylindrical Mirror. *p*, Totally Reflecting Prism. *P*, the Semi-Cylinders. *K*, the Crystal-Holder. *F*, the Collecting Funnel attached to the Spiral Spring Receiver. *t*, the Tangent Screw, by which the Receiver is rotated. *V*, Voltaic Cell. *r*, the Circular Rheostat. *G*, the Galvanometer.

Laws of Reflexion.

Plane Mirror. — A parallel beam is used. The spectrometer-circle is adjusted with the zero division opposite to the radiator. The platform index is turned to zero, and a plane reflector placed on a previously marked diameter at right angles to the index. The receiver is placed, say, at 60°. The platform carrying the mirror is slowly rotated (electric radiation being at the same time produced by interrupting the key), till the receiver suddenly responds. It will now be found that the platform index points to 30°, midway between the radiator and the receiver.

Curved Mirror. — A cylindrical metallic mirror, with a radius of 25 cm., is placed on the platform, with its principal axis coinciding with the platform index. When the radiator is placed at a distance of 25 cm. from the mirror, the source

of radiation would be at the axis of the cylinder. The reflected image will now be formed at an equal distance. The receiver mounted on the radial arm (at a distance of 25 cm. from the centre) is placed at a given angle; the platform is rotated till the receiver responds. The index will now be bound to bisect the angle included between the radiator and the receiver.

Refraction.

Deviation of the Electric Ray by a Prism. — An isosceles right-angled prism is made of sulphur or ebonite. Parallel beam is used. For showing deviation by refraction one of the acute angles is interposed on the path of the beam.

Total Reflexion. — An interesting experiment on total reflexion is shown in the following way: — The receiver is placed opposite to the radiator, and the prism interposed with one of its equal faces at right angles to the direction of the ray. The receiver will remain unaffected. The critical angle of ebonite being considerably less than 45°, the rays undergo total reflexion. On turning the receiver through 90° it responds to the totally reflected ray.

Opacity due to Multiple Refraction and Reflexion. — An experiment analogous to the opacity of powdered glass to light is shown by filling a long trough with irregular-shaped pieces of pitch, and interposing it between the radiator and the receiver. The electric ray is unable to pass through the heterogeneous media, owing to the multiplicity of refractions and reflexions, and the receiver remains unaffected. But on restoring partial homogeneity by pouring in kerosene, which has about the same refractive index as pitch, the radiation is easily transmitted.

Determination of the Indices of Refraction. — For the determination of the index the prism-method is not very suitable.

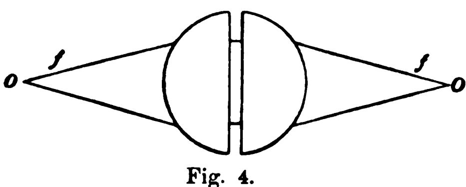


Fig. 4.

I found the following to yield good results, the method depending on the determination of the critical angle. Two semi-

cylinders of the given substance separated by an air-space are placed on the platform. When the radiator is placed at the principal focus of one of the semi-cylinders the rays emerge parallel into the air-film, and are then focussed on the receiver by the second semi-cylinder. A metallic plate with a narrow rectangular opening is interposed between the semi-cylinders to serve as a diaphragm, and cut off all but the central rays. As the platform is rotated, the incident angle on the plane surface separating the two media is gradually increased till the rays undergo total reflexion. When this is the case the receiver, which is placed opposite the radiator, suddenly ceases to respond. The trouble of following the deviated

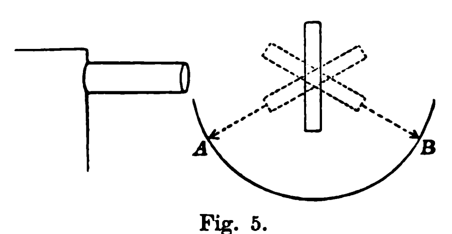


Fig. 5.
(The dotted lines show the two positions of the air-film for total reflexion.)

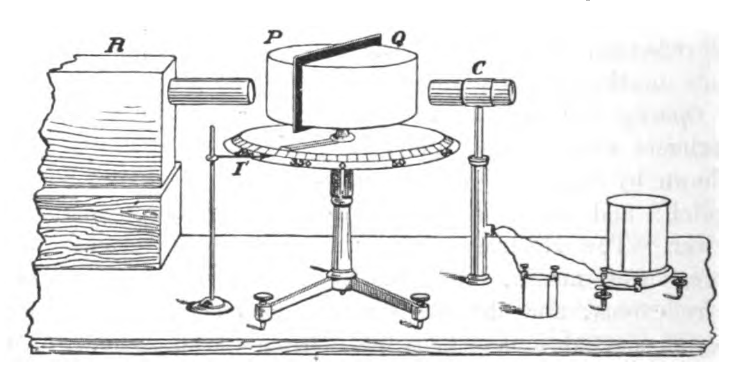


Fig. 6. The Electric Refractometer.
R, the Radiator. *C*, the Receiver.

ray is thus obviated; the reading is also well defined as the transition from refraction to total reflexion is abrupt. The index reading is now taken, and the cylinders rotated in an opposite direction till total reflexion takes place a second time. The difference of readings as given by the index in the two positions is evidently equal to twice the critical angle. Hence the value of the index can easily be deduced.

A preliminary experiment gives the approximate value of the index, from which the focal distance of the semi-cylinder is roughly calculated. The spark-gap of the radiator is placed at this focus, and the experiment repeated. In this way I have determined the indices of refraction of several solids for the electric ray (*vide* "On the Determination of the Indices of Refraction of various Substances for the Electric Ray," Proc. Roy. Soc. vol. lix.). The index of refraction of commercial sulphur is = 1,73; that of a specimen of pitch = 1,48.

Indices for Liquids. — A cylindrical trough is filled with the given liquid; two thin parallel glass plates enclosing an air-space are vertically placed so as to divide the liquid cylinder into two halves. The readings for total reflexion are taken as in the last case. The index for a specimen of coal-tar I found to be 1,32.

Selective Absorption.

A substance is said to be coloured when it allows light of one kind to pass through, but absorbs light of a different kind. If we take into account the entire range of radiation there is hardly a substance which is not, in this sense, coloured. In the spectrum of radiation transmitted through glass, for example, two broad absorption-bands would be observed, one in the ultra-violet, and the other in the infra-red. the electric and the visible rays not being absorbed to any great extent. A brick or a block of pitch would absorb light, but would transmit the electric radiation. On the other hand, a stratum of water, though transparent to light, would absorb the electric ray. These substances exhibit selective absorption, and are therefore coloured.

If we take into account the electric radiation only, it would no doubt be found that radiations having different wave-lengths are unequally absorbed by different substances.

There is an interesting speculation in reference to the possibility of the sun emitting electric radiation. If electric waves are present in the solar radiation, are they absorbed by our atmosphere? As regards this question, the following experiment on the transparency of liquid air may be of interest. Through the kindness of Prof. Dewar, I obtained

at the Royal Institution, London, a quantity of liquid air, and a stratum of this liquid 6 c. m. in thickness (equivalent to a very great height of the atmosphere) was found to be very transparent.

Phenomena of Interference.

Determination of the Wave-Lengths by Diffraction Gratings. — In a paper read before the Royal Society in June last (*vide* Proceedings of the Royal Society, vol. lx.) I have given an account of a method of obtaining pure spectra of electric radiation by means of curved gratings. The experiment was carried out with a large apparatus. The spectrum obtained was well defined, and appeared to be linear, and not continuous. I had not time to adapt the experiment to this small apparatus, but I think it would not be difficult to do so.

Double Refraction and Polarization.

The spectrometer circle is removed, and an ordinary stand for mounting the receiver substituted. By fitting the lens-tube

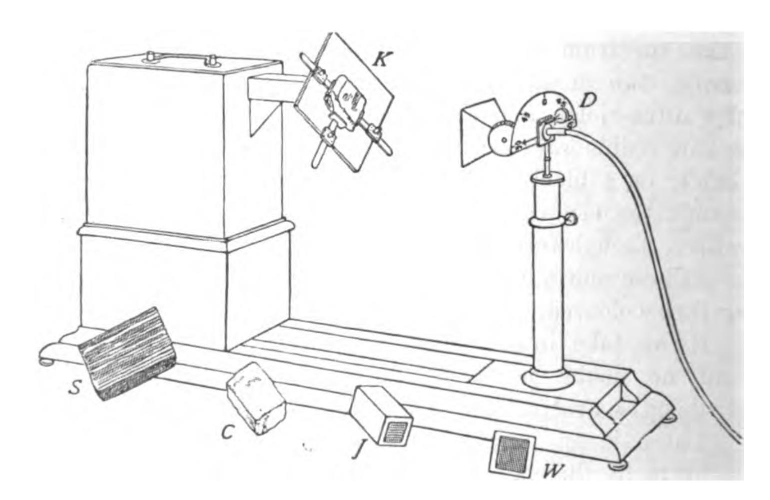


Fig. 7. Polarization Apparatus.
K, the Crystal-Holder. *S*, a Piece of Stratified Rock. *C*, a Crystal. *J*, the Jute Polarizer. *W*, the Wire-Grating Polarizer. *D*, the Vertical Graduated Disk, by which the Rotation is measured.

the electric beam is made parallel. At the end of the lens-tube there is a slot in which is dropped the wire-grating polarizer. A crystal-holder provided with three sliding jaws is fitted on to the lens-tube, and is capable, of rotation round an axis parallel to the direction of the electric ray.

The polarizing gratings may be made according to Hertz, by winding copper wires, parallel, round square frames. It is a somewhat difficult and tedious operation to cross exactly the wire gratings for certain experiments to be described below; unless this is done accurately, there is always a resolved component which acts on the sensitive receiver. I have found it to be a better plan to take two thick square plates of copper and cut series of slits parallel to the edges. One of these square pieces serves as a polarizer, and the other as an analyser. When the two square pieces are adjusted, face to face, with coincident edges, the slits must either be parallel or exactly crossed. Other forms — the Jute and the Serpentine polarizers — will be described later on.

The radiator tube with the lens and attached polarizer is capable of rotation; the emergent radiation may thus be polarized in a vertical or a horizontal plane. The analyser fitted on to the receiver, may also be rotated. The gratings may be adjusted in two positions (1) parallel; (2) crossed.

In the first position the radiation, being transmitted through both the gratings, falls on the sensitive surface, and the galvanometer responds. The field is then said to be bright. In the second position the radiation is extinguished by the crossed gratings, the galvanometer remains unaffected, and the field is said to be dark. But on interposing certain crystals with their principal planes inclined at 45^{0} to the gratings, the field is partially restored, and the galvanometer spot sweeps across the scale. This is the so-called depolarization action of double-refracting substances.[1])

---

[1]) For a detailed account of experiments on the polarization of the electric ray, I would refer to my paper, "On the Polarization of the Electric Ray by Double-refracting Crystals," read before the Asiatic Society of Bengal, May 1895, and two subsequent papers ("On a new Electro-Polariscope" and „On Double-refraction of the Electric Ray by a Strained Dielectric") published in the 'Electrician', 27th Dec. 1895.

Experiments with Wire Gratings. — A wire grating at 45° interposed between the crossed analyser and polarizer partially restores the field, but ordinary wire gauze does not transmit any radiation, the action of one set of wires being neutralized by that of the other set at right angles.

Double Refraction produced by crystals. – The polarizer and the analyser are crossed, and the crystal to be examined mounted on the holder. There is as action no the receiver, when the principal plane of the crystal is parallel to either the polarizer or the analyser. But in any other positions there is produced the so-called depolarization effect, this action being strongest, when the principal plane of the crystal is inclined at 45° to the gratings. I subjoin a list of crystals belonging to the different systems which I found to produce double-refraction of the electric ray: —

Tetragonal system — Idocrase, Scapolite.

Orthorhombic system — Barytes, Celestine, Cryolite, Andalusite, Hypersthene.

Hexagonal system — Calcite, Apatite, Quartz Beryl, Tourmaline.

Monoclinic system — Selenite, Orthoclase, Epidote.

Triclinic system — Labradorite, Microcline, Amblygonite.

The double-refraction produced by some of the crystals is unusually strong. As the wave length of electric radiation is enormously great in comparison with that of light, it would at first appear as if extraordinarily large sized crystals would be required to exhibit their polarising action on the electric ray. But in some cases I found even very small sized crystals producing strong action. The effect produced by Epidote seems extraordinary, a piece with a thickness of only $^7/_{10}$ cm. (smaller than the wave length used) producing very strong depolarization.

Double refraction produced by a stained dielectric.

1. Effect due to pressure. — A piece of slate or any other stratified rock exhibits very strong double-refraction, when the plane of stratification is inclined at 45° to the gratings, there being no effect when this plane is parallel to either the polarizer or the analyser.

Phenomena of double-absorption. Tourmaline which in the case of light absorbs the ordinary, and transmits the extraordinary ray, is useless as a polarizer of the electric ray. There is a difference in absorption in the two directions, but even a considerable thick piece of the crystal does not completely absorb one of the two rays. For producing polarization by absorption I found Nemalite and Crysotile (a fibrous variety of serpentine) to be very efficient. The vibrations transmitted by these substances, I found perpendicular to the length, the absorbed vibrations being parallel to the length. I have a specimen of Crysotile in my possession with a thickness of 2,5 cm. only; this piece completely polarizes the electric ray by selective absorption. Among other substances, I found a lock of human hair to produce strong polarization of the electric ray. Vegetable fibres are also excellent polarizers. Among these may be mentioned the fibres of Aloes (Agave), Rhea (Boehmeria nivea), Pine Apple (Ananas sativus), Plantain (Musa paradisiaca). Common jute (Corchorus capsularis) exhibits the property of polarization in a very marked degree. I cut fibres of thus material about 3 cm. in length, and built with them a cell with all the fibres parallel. I subjected this cell to a strong pressure under a press. I thus obtained a compact cell 3 × 3 cm. in area, and 5 cm. in thickness. This was mounted in a metallic case with two openings 2 × 2 cm. on opposite sides for the passage of radiation. This cell absorbs completely, vibrations parallel to the length of the fibres, and transmits those perpendicular to the length. Two such cells could thus be used, one as a polarizer, and the other as an analyser.

Anisotropic conductivity exhibited by certain polarising substances.

I have shown that electric vibrations are unequally absorbed by Nemalite and Crysotile in the two directions — the direction of absorption being parallel to the length, and the direction of transmission perpendicular to the length. I was led to investigate whether these directions of unequal absorptions were also the directions of unequal conductivities (vide "On the selective conductivity exhibited by certain polarizing substances".

Read before the Royal Society Jan. 28. 1897) I found for example the conductivity of Nemalite in the direction of absorption to be about fourteen times as great as that in the direction of transmissions. In the three other cases examined, the direction of absorption I found to be also the direction of maximum conductivity.

It would thus appear that substances like Nemalite, which polarize by double absorption, also exhibit double conductivity. It is probable that, owing to this difference of conductivity in the two directions, each thin layer unequally absorbs the incident electric vibrations; and that by the cumulative effect of many such layers, the vibrations which are perpendicular to the direction of maximum conductivity are alone transmitted, the emergent beam being thus completely polarized.

Owing to the great difficulty in obtaining suitable specimens, I have not been able to make a more extended series of determinations. The relation found, in the cases described above, between double absorption and double conductivity is, however, suggestive.

It should, however, be borne in mind that the selective absorption exhibited by a substance may depend among other factors, on the vibration frequency of the incident radiation. I have drawn attention to the peculiarity of Tourmaline, which does not exhibit double absorption of the electric ray to a very great extent. The specimen I experimented with is, however, one of a black variety of Tourmaline, and not of the semi-transparent kind generally used for optical work.

Though the experiments already described are not sufficiently numerous for drawing a general conclusion as to the connection between double absorption attended with polarization, and double conductivity, there is, however, a large number of experiments I have carried out which seem to show that a double-conducting structure does, in general, exhibit double absorption and consequent polarisation. Out of these experiments I shall here mention one which may prove interesting. Observing that an ordinary book is unequally conducting in the two directions—parallel to, and across the pages—I interposed it, with its edge at 45 deg., between the crossed polarizer and analyser of an electro-polariscope. The extinguished

field of radiation was immediately restored. I then arranged both the polarizer and the analyser vertical and parallel, and interposed the book with its edge parallel to the direction of electric vibration. The radiation was found completely absorbed by the book, and there was not the slightest action on the receiver. On holding the book with its edge at right angles to the electric vibration, the electric ray was found copiously transmitted. An ordinary book would thus serve as a perfect polarizer of the electric ray. The vibrations parallel to the pages are completely absorbed, and those at right angles transmitted in a perfectly polarized condition.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 16. Nr. 7.

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 30. April 1897.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. **P. Glan** trug vor:

Theoretische Untersuchungen über elastische Körper und Licht. — Doppelbrechung.

Hr. **W. Kaufmann** sprach dann

über das Emissionsvermögen einiger Metalle für Röntgenstrahlen.

Theoretische Untersuchungen über elastische Körper und Licht; von **Paul Glan.**

(Vorgetragen am 30. April 1897.)

(Vgl. oben p. 105.)

Die Doppelbrechung.

Bisher sind die thermisch-elastischen Kräfte in ihren Constanten den gestaltselastischen gleich betrachtet worden. Es soll nun eine eigenartige Wirkungsweise derselben in Betracht gezogen werden. Diese wird sich auf den Theil derselben erstrecken, welcher in einem Augenblicke von dem Aenderungsbestreben der Temperatur abhängt und ihr kann dadurch Rechnung getragen werden, dass den bisherigen Ausdrücken für die Vectoren der elastischen Kräfte Glieder hinzugesetzt werden, welche den das Aenderungsbestreben der Temperatur characterisirenden Theilableitungen derselben nach der Zeit proportional sind. Wenn die thermischen Ausdehnungsaxen bei Krystallsystemen mit den Krystallaxen zusammenfallen, können diese thermisch-elastischen Kräfte senkrecht zu den Flächen eines Parallelepipeds ohne Gestaltsänderung angenommen werden, dessen Kanten den Krystallaxen parallel sind. Es kann dies wohl aber nicht mehr geschehen, wenn beide Axensysteme nicht dieselben sind. Wenn das Parallelepiped eine Gestaltsänderung $m_1, \ldots n_3$ erfahren hat, könnten sie durch einen Vector darstellbare Veränderungen erleiden, welche als Functionen derselben, also von $m_1, \ldots n_3$ angesehen werden können, die klein, eindeutig und stetig sind und mit ihr und dem Zuwachs der Theilableitungen der Temperatur nach der Zeit verschwinden. Sie lassen sich demnach jedenfalls bis zu den Gliedern mit den ersten Potenzen der Gestaltsvariabeln durch Mac Laurin's Reihe für Quaternionen entwickeln und es erhält $\Delta''_{t\alpha_1}$ den Zuwachs

$$o_{1,2}\, D_t^2\, \mathfrak{t}\, d\, t\, U\, d\, q_{\omega_1} + (\omega_{1,2,m_1} m_1 + \ldots \omega_{1,2,n_3} n_3)\, D_t^2\, \mathfrak{t}\, d\, t,$$

$\Delta''_{t\alpha_2}$ den Zuwachs

$$o_{2,2,t}\, D_t^2\, d\, t\, U\, d\, q_{\omega_2} + (\omega_{2,2,m_1} m_1 + \ldots \omega_{2,2,n_3} n_3)\, D_t^2\, \mathfrak{t}\, d\, t$$

und $\Delta''_{t\alpha_3}$ die weiteren Glieder

$$o_{3,2t}\, D_t^2\, t\, d\, t\, U\, d\, \varphi_{\omega_2} + (\omega_{3,2,m_1} m_1 + \ldots \omega_{3,2,n_2} n_2)\, D_t^2\, t\, d\, t.$$

Es sind in diesen Gliedern $o_{3,2}, \ldots$ thermisch-elastische skalar, $\omega_{1,2,m_1}, \ldots$ thermisch-elastische vector Constanten, die nur von der Temperatur abhängen können. Es tritt durch die Bedingungsgleichung der Vectoren der elastischen Kräfte

$$V(\Delta\, \alpha_1\, d\, \varphi_{\omega_1} + \Delta\, \alpha_2\, d\, \varphi_{\omega_2} + \Delta\, \alpha_3\, d\, \varphi_{\omega_3}) = 0$$

keine Beziehung zwischen den ersteren auf.

Wenn die thermischen Ausdehnungsaxen bei einigen Krystallen nicht mit ihren krystallographischen Axen zusammenfallen, sind wohl diese thermisch-elastischen Kräfte allgemeiner schräg zu den Flächen eines Parallelepipeds ohne Gestaltsänderung zu setzen, dessen Kanten die Richtungen der Krystallaxen haben. Es tritt dann zu dem früheren Ausdrucke für $\Delta''_{t\alpha_1}$ hinzu

$$(o'_{1,2}\, U\, d\, \varphi_{\omega_1} + o''_{1,2}\, U\, d\, \varphi_{\omega_2} + o'''_{1,2}\, U\, d\, \varphi_{\omega_3})\, D_t^2\, t\, d\, t$$
$$+ (\omega_{1,2,m_1} m_1 + \ldots \omega_{1,2,n_3} n_3)\, D_t^2\, t\, d\, t,$$

zu $\Delta''_{t\alpha_2}$

$$(o'_{2,2}\, U\, d\, \varphi_{\omega_1} + o''_{2,2}\, U\, d\, \varphi_{\omega_2} + o'''_{2,2}\, U\, d\, \varphi_{\omega_3})\, D_t^2\, t\, d\, t$$
$$+ (\omega_{2,2,m_1} m_1 + \ldots \omega_{2,2,n_3} n_3)\, D_t^2\, t\, d\, t,$$

zu $\Delta''_{t\alpha_3}$

$$(o'_{3,2}\, U\, d\, \varphi_{\omega_1} + o''_{3,2}\, U\, d\, \varphi_{\omega_2} + o'''_{3,2}\, U\, d\, \varphi_{\omega_3})\, D_t^2\, t\, d\, t$$
$$+ (\omega_{3,2,m_1} m_1 + \ldots \omega_{3,2,n_3} n_3)\, D_t^2\, t\, d\, t.$$

Entsprechende Glieder mit verändertem zweiten Index und der Ordnungszahl der Theilableitungen der Temperatur nach der Zeit, welche zu diesem Theile der Vectoren der elastischen Kräfte gehören, sind $\Delta'''_{t\alpha_1}, \ldots$ hinzuzufügen für beide Arten von Krystallen. Die Ausdrücke für $d_t\, m_1$, $d_t\, m_2$, $d_t\, m_3$ bleiben für die Krystalle, bei denen die krystallographischen und die thermischen Ausdehnungsaxen nicht gleichgerichtet sind, die früher für Krystalle entwickelten; es sind jedoch die thermischen linearen Ausdehnungsindices für die Krystallaxen aus denen für die thermischen Ausdehnungsaxen nach den früher zu solchem Zwecke entwickelten Gleichungen zu bestimmen. Es treten für diese Krystalle zu den zuvor gegebenen Aus-

drücken für Krystalle, bei denen beide Axensysteme gleiche Richtung haben, hinzu für $d_t n_1$ die Glieder

$$- S(\iota_{\omega 1,0}\, d\varrho_{\omega_2} + \iota_{\omega 2,0}\, d\varrho_{\omega_1}).\ T d\varrho_{\omega_1} T d\varrho_{\omega_2}^{-1}$$
$$- S[\iota_{\omega 1,0}(\iota''_{m_1,\omega_2} m_1 + \ldots + \iota''_{n_3,\omega_2} n_3)\, d\mathrm{t}$$
$$+ \iota_{\omega 2,0}(\iota'_{m_1,\omega_1} m_1 + \ldots + \iota'_{n_3,\omega_1} n_3)\, d\mathrm{t}].\ T d\varrho_{\omega_1} T d\varrho_{\omega_2}^{-1},$$

zu $d_t n_2$

$$- S(\iota_{\omega 2,0}\, d\varrho_{\omega_3} + \iota_{\omega 3,0}\, d\varrho_{\omega_2}).\ T d\varrho_{\omega_2} T d\varrho_{\omega_3}^{-1}$$
$$- S[\iota_{\omega 2,0}(\iota'''_{m1,\omega_3} m_1 + \ldots \iota'''_{n3,\omega_3} n_3)$$
$$+ \iota_{\omega 3,0}(\iota''_{m1,\omega_2} m_1 + \ldots \iota''_{n3\omega_2} n_3)]\, d\mathrm{t}.\ T d\varrho_{\omega_2} T d\varrho_{\omega_3}^{-1},$$

zu $d_t n_3$

$$- S(\iota_{\omega 3,0}\, d\varrho_{\omega_1} + \iota_{\omega 1,0}\, d\varrho_{\omega_3}).\ T d\varrho_{\omega_3} T d\varrho_{\omega_1}^{-1}$$
$$- S[\iota_{\omega 3,0}(\iota'_{m1,\omega_1} m_1 + \ldots \iota'_{n3,\omega_1} n_3)$$
$$+ \iota_{\omega 1,0}(\iota'''_{m1,\omega_3} m_1 + \ldots + \iota'''_{n3,\omega_3} n_3)]\, d\mathrm{t}.\ T d\varrho_{\omega_3} T d\varrho_{\omega_1}^{-1},$$

wenn kleine Glieder gegen die vorigen nicht berücksichtigt werden.

Bei Krystallen, in denen die Wärmeleitungsaxen mit den Krystallaxen nicht zusammenfallen, und in denen die Ebenen durch je zwei der ersteren Axen Symmetrieebenen für die Wärmeleitung sind, ergiebt sich aus dem früher gegebenen Ausdrucke für den Wärmefluss nach irgend einer Richtung in der Gleichung zur Bestimmung der Temperatur, wenn ω'_1, ω'_2, ω'_3 die Vectoren der Wärmeleitungsaxen und k'_1, k'_2, k'_3 bez. die ihnen zugehörigen Wärmeleitungsindices sind, das von der Wärmeleitung herrührende Glied auf deren rechter Seite in der Form

$$- k'_1 D_x^2\, \mathrm{t}\, S\omega'_1\omega_1 - k'_2 D_y^2\, \mathrm{t}\, S\omega'_2\omega_2 - k'_3 D_z^2\, \mathrm{t}\, S\omega'_3\omega_3$$
$$- (k'_2 S\omega'_2\omega_1 + k'_1 . S\omega'_1\omega_2) D_{x,y}^2 \mathrm{t} - (k'_3 S\omega'_3\omega_2$$
$$+ k'_2 S\omega'_2\omega_3) D_{y,z}^2 \mathrm{t} - (k'_1 S\omega'_1\omega_3 + k'_3 S\omega'_3\omega_1) . D_{z,x}^2 \mathrm{t},$$

wenn ω_1, ω_2, ω_3 die Vectoren der Krystallaxen sind.

Für Längskreisschwingungen nimmt nun die Gleichung für die Bewegung im Inneren die Form an:

$$\frac{s\pi^2}{4} V'^2 x'_0 = -\varphi'_1(x_2) g_1^2 - \varphi'_2(x'_2) g_1^2,$$

in der sich $\varphi_1'(\varkappa_2)$ und $\varphi_2'(\varkappa_2')$ aus den allgemeinen Ausdrücken für die Vectoren der elastischen Kräfte ergeben und sich in den Formen

$$- g_1^2\, \varphi_1'(\varkappa_2) = \beta_{(1)}\, S\,\omega_1\, \varkappa_2 + \beta_{(2)}\, S\,\omega_2\, \varkappa_2 + \beta_{(3)}\, S\,\omega_3\, \varkappa_2\,,$$
$$- g_1^2\, \varphi_2'(\varkappa_2') = \beta\, S\,\omega_1\, \varkappa_2' + \beta'\, S\,\omega_2\, \varkappa_2' + \beta''\, S\,\omega_3\, \varkappa_2'$$

darstellen lassen. In ihnen sind die vector Factoren der Scalare von den von der Zeit abhängigen Vectoren $\varkappa_2$, $\varkappa_2'$ unabhängig. Es ist weiter

$$g_1^2 = \frac{j^2}{16} + \frac{\pi^2}{4}\,, \qquad \varkappa_i = V\iota\gamma\cos_i + \gamma\sin_i\,, \qquad \varkappa_i' = \frac{-2}{\pi\, h}\, D_t\, \varkappa_i\,,$$

$$\cos_i = \cos\left[(g\,.\,l^{-1} + h\,t)\frac{\pi}{2} + i\,u\right].$$

Wenn der Vector der reciproken Wellengeschwindigkeit $\gamma' = \gamma\,.\,V^{-1}$ eingeführt und die Factoren von $\cos_2$ und $\sin_2$ gleich null genommen werden, wie es zur Geltung dieser Bewegungsgleichung für jeden Zeitpunkt der Fall sein muss, folgen aus ihr die beiden Gleichungen:

$$s\,\frac{\pi^2}{4}\,\gamma'^{-2}\left[\left(\frac{j^2}{16} - \frac{\pi^2}{4}\right)\gamma + \frac{\pi j}{4}\, V\iota\gamma\right]\left(\frac{j^2}{16} + \frac{\pi^2}{4}\right)^{-2} = -\,\varphi_1'\big(V\iota\gamma\big) + \varphi_2'\big(\gamma\big)\,,$$

$$-\,s\,\frac{\pi^2}{4}\,\gamma'^{-2}\left[\left(\frac{j^2}{16} - \frac{\pi^2}{4}\right)V\iota\gamma - \frac{\pi j}{4}\,\gamma\right]\left(\frac{j^2}{16} + \frac{\pi^2}{4}\right)^{-2} = -\,\varphi_1'\big(\gamma\big) - \varphi_2'\big(V\iota\gamma\big).$$

Bezeichnet man

$$\left[s\,\frac{\pi^2}{4}\left(\frac{j^2}{16} - \frac{\pi^2}{4}\right)\left(\frac{j^2}{16} + \frac{\pi^2}{4}\right)^{-2}\right]^{-1}\varphi_1'\big(\gamma\big)$$

mit $\varphi_1''(\gamma)$ und ist die Beziehung zwischen $\varphi_2'(V\iota\gamma)$ und $\varphi_2''(V\iota\gamma)$ entsprechend, folgt aus der letzten Gleichung:

$$\left(\varphi_2'' - \gamma'^{-2}\right)V\iota\gamma + \frac{\pi j}{4}\,\gamma\,.\,\gamma'^{-2}\left(\frac{\pi^2}{4} - \frac{j^2}{16}\right)^{-1} - \varphi_1''\big(\gamma\big).$$

Diese Folgerung ist gestattet, wenn $(\pi^2/4 - j^2/16)$ nicht null ist.

Operirt man an der vorigen Gleichung mit $S\,V\iota\gamma$ und nimmt $S\,V\iota\gamma\,\varphi_1''(\gamma)$ gleich null, da $\varphi_1''(\gamma)$ einen Theil der Be-

schleunigungszunahme bezeichnet, der nur von den Bewegungscomponenten nach einer Richtung abhängt, und also vollkommen oder sehr annähernd parallel γ angenommen werden kann, ergiebt sich:

$$V'^2 = S\, V\iota\gamma\, \varphi''_{2,0}\,(V\iota\gamma),$$

wenn $\varphi''_{2,0}\,(V\iota\gamma)$ der selbstconjugirte Theil von $\varphi''_2\,(V\iota\gamma)$ ist. Durch Operation mit $S\gamma\, V\iota\gamma$ an der vorletzten Gleichung wird, da $S\gamma\, V\iota\gamma\, \varphi''_1\,(\gamma)$ null ist, wegen der Parallelität von $\varphi''_1\,(\gamma)$ mit γ,

$$S\gamma\, V\iota\gamma\, \varphi''_2\,(V\iota\gamma) = 0.$$

Es ist also $\varphi''_2\,(V\iota\gamma)$ complanar mit γ und $V\iota\gamma$. Der Vector $\varphi''_{2,0}\,(V\iota\gamma)$ ist aber die Normale des Ellipsoids

$$V'^2 = S\, V\iota\gamma\, \varphi''_{2,0}\,(V\iota\gamma),$$

im Endpunkt seines variabeln Vectors $V'^{-1}\, V\iota\gamma$, der Hauptaxe eines Centralschnittes senkrecht zum Vector γ ist, und als solche complanar mit γ und $V\iota\gamma$. Es ist also auch

$$S\gamma\, V\iota\gamma\, \varphi''_{2,0}\,(V\iota\gamma) = 0 = S\gamma\, V'^{-1}\, V\iota\gamma\, \varphi''_{2,0}\,(V'^{-1}\, V\iota\gamma);$$

endlich ist

$$S\gamma\, V'^{-1}\, V\iota\gamma = 0.$$

Hieraus ergiebt sich, dass der Vector $V'^{-1}\, V\iota\gamma$ derjenige einer Hauptaxe eines Centralschnittes des Ellipsoids

$$S\, V'^{-1}\, V\iota\gamma\, \varphi''_{2,0}\,(V'^{-1}\, V\iota\gamma) - 1$$

parallel der Wellenebene ist. Die Hauptaxen dieses Ellipsoides sind die Wurzeln der Gleichung:

$$\begin{aligned} V.\,[V\iota\gamma\,(\beta\, S\omega_1\, V\iota\gamma + \omega_1\, S\beta\, V\iota\gamma) \\ + V\iota\gamma\,(\beta'\, S\omega_2\, V\iota\gamma + \omega_2\, S\beta'\, V\iota\gamma) \\ + V\iota\gamma\,(\beta''\, S\omega_3\, V\iota\gamma + \omega_3\, S\beta''\, V\iota\gamma)] = 0. \end{aligned}$$

Die Annahme, dass bei einer Gestaltsänderung $m_1, D_t, m_1 \ldots, m_2, D_t m_2, \ldots, m_3, D_t m_3, \ldots$ die von den Theilableitungen der Gestaltsvariabeln nach der Zeit abhängenden Theile der Vectoren der elastischen Kräfte verschwinden, wenn $m_2 = w'_2 m_1,\ m_3 = w'_3 m_1$ ist, wird hier nicht eingeführt.

Wenn bei Krystallsystemen, deren thermische Ausdehnungsaxen die Richtung der Krystallaxen haben, die Beziehungen bestehen,



$$e'_{2,i} - v'_{2,i} + (\mathfrak{o}_{2,i} - a_1 e'_{2,i} - a_2 e''_{2,i}$$
$$- a_3 e'''_{2,i}) \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} [- a_1 (1 - w'''_1 w''_3) + a_2 (w''_1 - w'''_1 w''_3)$$
$$+ a_3 (w'''_1 - w''_1 w'''_2)] e_1 . r^{-1} = 0 ,$$

$$e'_{3,i} - v'''_{1,i} + (\mathfrak{o}_{3,3} - a_1 e'_{3,i} - a_2 e''_{3,i}$$
$$- a_3 e'''_{3,i}) \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} [- a_1 (1 - w'''_2 w''_3) + a_2 (w''_1 - w'''_1 w''_3)$$
$$+ a_3 (w'''_1 - w''_1 w'''_2)] e_1 . r^{-1} = 0 ,$$

$$e''_{1,i} - v'_{2,i} + (\mathfrak{o}_{1,i} - a_1 e'_{1,i} - a_2 e''_{1,i}$$
$$- a_3 e'''_{1,i}) \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} [a_1 (w'_2 - w'''_2 w'_3) - a_2 (1 - w'_3 w'''_1)$$
$$+ a_3 (w'''_2 - w'_2 w'''_1)] e_2 . r^{-1} = 0 ,$$

$$e''_{3,i} - v''_{2,i} + (\mathfrak{o}_{3,i} - a_1 e'_{3,i} - a_2 e''_{3,i}$$
$$- a_3 e'''_{3,i}) \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} [a_1 (w'_2 - w'''_2 w'_3) - a_2 (1 - w'_3 w'''_1)$$
$$+ a_3 (w'''_2 - w'_2 w'''_1)] e_2 . r^{-1} = 0 ,$$

$$e'''_{1,i} - v'''_{3,i} + (\mathfrak{o}_{1,i} - a_1 e'_{1,i} - a_2 e''_{1,i}$$
$$- a_3 e'''_{1,i}) \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} [a_1 (w'_3 - w''_3 w'_2) + a_2 (w''_3 - w'_3 w''_1)$$
$$- a_3 (1 - w''_1 w'_2)] e_3 . r^{-1} = 0 ,$$

$$e'''_{3,i} - v''_{3,i} + (\mathfrak{o}_{2,i} - a_1 e'_{2,i} - a_2 e''_{2,i}$$
$$- a_3 e'''_{2,i}) \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} [a_1 (w'_3 - w''_3 w'_2) + a_2 (w''_3 - w'_3 w''_1)$$
$$- a_3 (1 - w''_1 w'_2)] e_3 . r^{-1} = 0 ,$$

nicht berücksichtigt sind in der Bewegungsgleichung die Glieder mit der für Lichtwellen kleinen Grösse

$$k_\gamma (s c_v)^{-1} 4 \pi . (4 l)^{-2} \frac{2}{\pi h} ,$$

und die weiteren Beziehungen:

$$e'_{1,i} + [\mathfrak{o}_{1,i} - a_1 e'_{1,i} - a_2 e''_{1,i} - a_3 e'''_{1,i}] \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} [- a_1 (1 - w'''_2 w''_3)$$
$$+ a_2 (w''_1 - w'''_1 w''_3) + a_3 (w'''_1 - w''_1 w'''_2)] e_1 . r^{-1} = - v'_{2,i} = - v'''_{3,i} ,$$

$$e''_{2,i} + [\mathfrak{o}_{2,i} - a_1 e'_{2,i} - a_2 e''_{2,i} - a_3 e'''_{2,i}] \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} [a_1 (w'_2 - w'''_2 w'_3)$$
$$- a_2 (1 - w'_3 w'''_1) + a_3 (w'''_2 - w'_2 w'''_1)] e_2 . r^{-1} = - v'_{1,i} = - v''_{3,i} ,$$

$$e'''_{3,i} + [\mathfrak{o}_{3,i} - a_1 e'_{3,i} - a_2 e''_{3,i} - a_3 e'''_{3,i}] \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} [a_1 (w'_3 - w''_3 w'_2)$$
$$+ a_2 (w''_3 - w'_3 w''_1) - a_3 (1 - w''_1 w'_2)] e_3 . r^{-1} = - v''_{2,i} = - v'''_{1,i} ,$$

in aller Strenge oder nahezu, und deren erste ausspricht, dass die elastischen Kräfte, welche in einem sehr kleinen Parallelepipede mit den Kanten parallel den Krystallaxen allein durch eine Dehnung m_1 und die sie begleitende Temperaturänderung entstehen, so weit sie von den Theilableitungen von m_1 nach der Zeit abhängen, an der Fläche mit den Kanten $x\,d\,\varphi_{\omega_1}$ und $z\,d\,\varphi_{\omega_3}$ eine Kraft erzeugen, deren Theil nach $U\,d\,\varphi_{\omega_2}$ an Grösse gleich, aber von entgegengesetzter Richtung, dem Theil der elastischen Kraft ist, welche allein durch die Theilableitungen einer Verdrehung n_1 nach der Zeit von gleicher Grösse an der Fläche mit den Kanten $y\,d\,\varphi_{\omega_2}$ und $z\,d\,\varphi_{\omega_3}$ parallel $U\,d\,\varphi_{\omega_2}$ hervorgerufen wird, bei entsprechender Bedeutung der anderen Beziehungen, wird, wenn Glieder mit dem Product zweier thermischen Ausdehnungsindices fortgelassen werden, annähernd

$$\beta = g_1^2\Big\{\Big[+e'_{1,3}\Big(\frac{\pi h}{2}\Big)^2 - e'_{1,5}\Big(\frac{\pi h}{2}\Big)^4 + \dots\Big] + \Big[\mathrm{o}_{1,2}\Big(\frac{\pi h}{2}\Big)^2 - \mathrm{o}_{1,5}\Big(\frac{\pi h}{2}\Big)^4 + \dots\Big].$$

$$\mathfrak{T}(s\,c_v\,\mathfrak{a})^{-1}\big[-a_1(1 - w_2'''w_3'') + a_2(w_1'' - w_1'''w_3'') + a_3(w_1''' - w_1''w_2'')\big]\,e_1\,.\,r^{-1}\Big\}\,\omega_1\,,$$

$$\beta' = g_1^2\Big\{e''_{2,3}\Big(\frac{\pi h}{2}\Big)^2 - e''_{2,5}\Big(\frac{\pi h}{2}\Big)^4 + \dots + \Big[\mathrm{o}_{2,3}\Big(\frac{\pi h}{2}\Big)^2 - \mathrm{o}_{2,5}\Big(\frac{\pi h}{2}\Big)^4 + \dots\Big].$$

$$\mathfrak{T}(s\,c_v\,\mathfrak{a})^{-1}\big[a_1(w_2' - w_2'''w_3') - a_2(1 - w_3'w_1''') + a_3(w_2''' - w_2'w_1''')\big]\,e_2\,.\,r^{-1}\Big\}\,\omega_2\,,$$

$$\beta'' = g_1^2\Big\{e'''_{3,3}\Big(\frac{\pi h}{2}\Big)^2 - e'''_{3,5}\Big(\frac{\pi h}{2}\Big)^4 + \dots + \Big[\mathrm{o}_{3,3}\Big(\frac{\pi h}{2}\Big)^2 - \mathrm{o}_{3,5}\Big(\frac{\pi h}{2}\Big)^4 + \dots\Big].$$

$$\mathfrak{T}(s\,c_v\,\mathfrak{a})^{-1}\big[a_1(w_3' - w_3''w_2') + a_2(w_3'' - w_3'w_1'') - a_3(1 - w_1''w_2')\big]\,e_3\,.\,r^{-1}\Big\}\,\omega_3.$$

Es haben die Hauptaxen des zuvor gefundenen Ellipsoides stets die Richtung der Krystallaxen. Die Coefficienten der Vectoren ω_1, ω_2, ω_3 in β, β', β'' multiplicirt mit

$$\Big[s\,\frac{\pi^2}{4}\Big(\frac{\pi^2}{4} - \frac{j^2}{16}\Big)\Big]^{-1}$$

sind die Quadrate der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten $V_1'^2$, $V_2'^2$, $V_3'^2$ von ebenen Wellen mit Längskreisschwingungen, deren Lothe parallel einer Krystallaxe sind; der Index an V' bezeichnet die Krystallaxe, der parallel der Durchschnitt der zugehörigen Längskreisschwingung mit ihrer Wellenebene ist.

Die Gleichung der **Wellenfläche** wird

$$(S\omega_1\gamma)^2.(V'^2 - V_1'^2)^{-1} + (S\omega_2\gamma)^2.(V'^2 - V_2'^2)^{-1} \\ + (S\omega_3\gamma)^2(V'^2 - V_3'^2) = 0.$$

Wenn in $V_1'^2$ die Glieder mit den linearen thermischen Ausdehnungsindices als die kleineren betrachtet werden und für **schwache Absorption**

$$B_1 = \frac{V_0}{h}\sqrt{\frac{s}{e'_{1,3}}}, \qquad B_1' = \mathfrak{T}(s^2 c_v \mathfrak{a})^{-1}\frac{o_{1,3}}{e'_{1,3}}B_1,$$

$$A_1 = [-a_1(1 - w_2''' w_3'') + a_2(w_1'' - w_1''' w_3'') \\ + a_3(w_1''' - w_1'' w_2''')]\, e_1 . r^{-1}$$

gesetzt wird, wenn V_0 die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Wellen der Schwingungsdauer $h/4$ im Weltraume ist, wird der Brechungsindex N_1 gegen letzteren für ebene Wellen mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit V_1' im Krystall annähernd

$$N_1 = B_1 - A_{1\,s/2}\,B_1' + \ldots$$

Mit entsprechender Bedeutung der Zeichen ergiebt sich:

$$N_2 = B_2 - A_{2\,s/2}\,B_2' + \ldots, \qquad N_3 = B_3 - A_{3\,s/2}\,B_3' + \ldots\ldots$$

Hier sind A_1, A_2, A_3 für eine Anzahl Krystalle aus ihren thermischen Ausdehnungsindices und elastischen Constanten, die für sie bekannt sind, völlig berechenbar. Wenn der Theil der elastischen Kräfte, welcher von den Theilableitungen der Gestaltsvariabeln nach der Zeit abhängt und nur durch je eine Dehnung nach der Richtung einer Krystallaxe an Flächen senkrecht zu ihr erzeugt wird, für die drei Flächen senkrecht zu einer solchen Axe gleich ist, wenn

$$D_t m_1 = D_t m_2 = D_t m_3, \ldots$$

für jede Art der Aenderung dieser Dehnungen mit der Zeit, wird für einen Krystall

$$B_1 = B_2 = B_3.$$

Wenn dasselbe für die thermisch-elastischen Kräfte, die von $o_{1,i}$, $o_{2,i}$, $o_{3,i}$ abhängen, der Grösse nach gesetzt wird, denn die gleichzeitige thermische Dehnung und Verkürzung verschiedener Krystallaxen desselben Krystalles führt dazu, sie für Flächen senkrecht zu solchen Axen bald nach aussen, bald nach innen gerichtet anzunehmen, lässt sich die Grösse der Doppelbrechung, gemessen durch $N_1 - N_2$ und $N_2 - N_3$ durch sehr einfache Annahmen über die absolute Grösse von B'_1, zum Beispiel, aus den bekannten thermischen Ausdehnungsindices und elastischen Constanten eines Krystalles berechnen.

Einaxige Krystalle.

Kalkspat. Bei den einaxigen Krystallen ist die krystallographische Hauptaxe als die Axe 3 gewählt. Die den Beobachtungen entnommenen Brechungsindices sind die Mittel der bekannten für die Linie D. Wenn $B'_1 = 10^{-8} = -B'_3$ angenommen wird — das entgegengesetzte Vorzeichen ist durch den Gegensatz der Ausdehnung in der Richtung der Hauptaxe und Zusammenziehung senkrecht zu ihr bei Erwärmung begründet — folgt aus der Theorie

$$N_1 - N_3 = 0{,}1\,874;$$

die Beobachtung ergiebt 0,1721.

Quarz. Wenn $B'_1 = B'_3 = -10^{-9}$ gesetzt wird, ergiebt die Theorie

$$N_1 - N_3 = -0{,}002\,363;$$

die Beobachtung ergab $-0{,}009\,277$.

Beryll. Wird $B'_1 = -B'_3 = 10^{-9}$ genommen, — auch hier ist das Vorzeichen der Ausdehnungsindices in der Richtung der Hauptaxe und senkrecht zu ihr das entgegengesetzte — wird nach der Theorie

$$N_1 - N_3 = 0{,}005\,735;$$

diese Differenz ist nach der Beobachtung 0,005 779.

Turmalin. Wenn $B'_1 = B'_3 = 10^{-9}$ gesetzt werden, ergiebt die Theorie

$$N_1 - N_3 = 0{,}01\,659;$$

aus der Beobachtung folgt 0.01 610.



Zweiaxige Krystalle.

Bei den folgenden Krystallen ist die Normale der Basis des Spaltungsprismas die Axe 3, die Makrodiagonale die Axe 2, die Brachydiagonale die Axe 1.

Topas. Wird $B'_1 = B'_2 = B'_3 = 10^{-9}$ genommen, folgt aus der Theorie

$$N_1 - N_2 = -0{,}006\,908,$$

aus der Beobachtung folgt $-0{,}006\,582$; ferner aus der Theorie

$$N_2 - N_3 = 0{,}014\,130,$$

aus der Beobachtung letztere Differenz 0,008 428.

Baryt. Wenn $B'_1 = B'_2 = B'_3 = -10^{-9}$ gesetzt wird, ergiebt die Theorie

$$N_1 - N_2 = 0{,}01\,091\,;$$

aus der Beobachtung folgt 0,01 049; aus der Theorie

$$N_2 - N_3 = -0{,}01\,530,$$

aus der Beobachtung 0,001 422 3.

Berlin, den 16. März 1897.

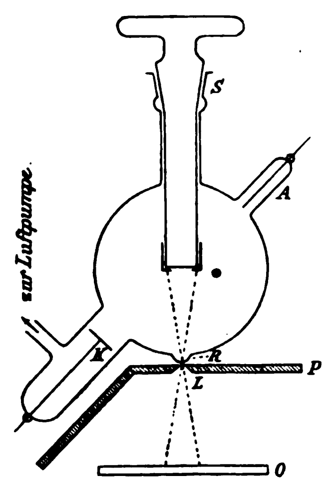
Das Emissionsvermögen einiger Metalle für Röntgenstrahlen; von W. Kaufmann.

(Vorgetragen am 30. April 1897.)

(Vgl. oben p. 105.)

---

1. In seiner zweiten Mittheilung „Ueber eine neue Art von Strahlen“ theilt Hr. Röntgen[1]) einen Versuch mit, welcher zeigt, dass Platin und Aluminium ein verschiedenes Emissionsvermögen für X-Strahlen besitzen. Als emittirende Fläche diente bei diesem Versuche eine zur Hälfte aus Aluminium, zur Hälfte aus Platin bestehende Platte; die von den Kathodenstrahlen getroffene Seite wurde mittels einer Lochcamera photographirt, wobei sich zeigte, dass das Platin bedeutend intensivere Strahlen ausgesandt hatte, als das Aluminium.



2. Ich habe nach derselben Methode eine grössere Reihe von Metallen untersucht; die Form der benutzten Röhre zeigt nebenstehende Figur: (K) ist die aus einem ebenen Aluminiumblech bestehende Kathode, (A) die drahtförmige Anode. Die zu untersuchenden Metalle waren in halbkreisförmige Stücke geschnitten und wurden zu je zweien, mit ihren geraden Kanten aneinanderstossend an das Ende einer 12 mm weiten Glasröhre durch eine Messinghülse angeklemmt. Die Glasröhre wurde durch den Schliff (S) in die Röhre eingeführt und war so lang, dass sich die Metallplatten gerade im Centrum des kugelförmigen Theiles der Röntgenröhre befanden, wo sie von den Kathodenstrahlen unter 45° getroffen wurden.

---

1) C. W. Röntgen, Würzburg, Stahel'scher Verlag, März 1896.

Unmittelbar unter der Röhre befand sich ein Bleischirm (*P*) mit einem 0,5 mm weiten Loch (*L*), durch welches die *X*-Strahlen auf eine gegen Licht geschützte photographische Platte (O) fielen, deren Abstand vom Loche etwa gleich dem Radius der Röhre war. Die erhaltene Abbildung der emittirenden Fläche hatte also ungefähr natürliche Grösse. Um die Expositionsdauer möglichst abzukürzen, war die Wand der Röhre unmittelbar über dem Loche (*L*) zu einer dünnen kleinen Halbkugel (*R*) aufgeblasen.

3. Die Expositionsdauer betrug je nach dem Emissionsvermögen der untersuchten Metalle 5 bis 10 Minuten. Wegen der ziemlich starken Gasentwickelung der frischen Metallflächen konnte jedoch ununterbrochen nur etwa 10 bis 20 Sec. exponirt werden, dann musste der Strom des Inductors geöffnet und durch einige Pumpenhübe für Erneuerung des geeigneten Vacuums gesorgt werden.

4. Da es sich bei den Versuchen zeigte, dass eine oberflächliche Oxydschicht das Emissionsvermögen beeinflusst, so wurden die benutzten Metalle vor dem Versuch stets polirt.

5. Das Uran sendet schon an und für sich Strahlen aus, die den Röntgenstrahlen in mancher Beziehung verwandt sind; ich untersuchte darum auch dieses[1]) in der Erwartung, vielleicht ein besonders starkes Emissionsvermögen für dasselbe zu finden; wie weiter unten zu ersehen, war dies jedoch nicht der Fall. Da das Uranmetall so spröde ist, dass es sich zwischen den Fingern zerreiben lässt, so bettete ich ein Stück davon in Cadmium ein und liess dann die Oberfläche eben schleifen.

6. Das Resultat der Untersuchung lässt sich durch folgende Reihe darstellen, in welcher die untersuchten Metalle nach steigendem Emissionsvermögen geordnet sind:

Al – Fe – [– Ni – Cu – Sn – Zn] – Ag – [Cd – Pt – Pb – U].

Bei den durch eine eckige Klammer vereinigten Metallen ist das Emissionsvermögen wenig oder garnicht verschieden, doch dürfte die angegebene Reihenfolge die wahrscheinlichste sein. Der Grad der Verschiedenheit zwischen den einzelnen

1) Das Uran war nach dem Moissan'schen Verfahren hergestellt und wurde von Th. Schuchardt in Görlitz bezogen.

Metallen lässt sich natürlich nur schätzen, die deutlichste Vorstellung dürfte wohl eine Projection einiger Originalnegative geben. (Es erfolgt die Projection einer Platte mit der Combination Al—Cu, einer anderen mit Cu—Pt. Während z. B. das Cu schon kräftig gewirkt hat, ist von einer Wirkung des Al noch kaum etwas zu bemerken. Weniger stark ist der Unterschied zwischen Cu und Pt.] Schätzungsweise dürfte das Verhältniss des Emissionsvermögens des Pt zu dem des Al etwa 10 : 1 betragen.

7. Im allgemeinen scheint das Emissionsvermögen mit dem Atomgewicht zu steigen, doch fallen Sn und Cd aus der Reihe heraus. Ein etwaiger Zusammenhang mit dem Absorptionsvermögen für Röntgenstrahlen war nicht feststellbar, da die wenigen vorhandenen Messungen des Absorptionsvermögens schon untereinander durchaus nicht übereinstimmen.

8. Mehrere Beobachter haben gefunden, dass die Röntgenstrahlen inhomogen sind, da sie das Phänomen der selectiven Absorption zeigen. Ich machte deshalb einige Versuche in der Richtung, ob vielleicht die von einem Metalle A ausgesandten Strahlen in demselbe Metalle stärker absorbirt würden, als die von einem anderen Metall B ausgehenden. Ich benutzte zu diesem Zwecke mehrere Combinationen von je zwei gleich stark emittirenden Metallen, z. B. Cu—Zn, und filtrirte die Strahlen durch dünnes Cu- oder Zn-Blech; es war jedoch auf den erhaltenen Negativen durchaus kein Unterschied der beiden Bildhälften bemerkbar. Es scheint also, dass die Zusammensetzung der X-Strahlen nur von dem Zustand der Röhre und des Inductors, nicht aber von der Natur der emittirenden Fläche abhängig ist.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 16. Nr. 8.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 14. Mai 1897.

Vorsitzender: Hr. W. von Bezold, später Hr. E. Warburg.

Der Rechnungsführer Hr. M. Planck berichtet über Einnahmen und Ausgaben des abgelaufenen Geschäftsjahres, worauf ihm nach Antrag der Hrn. W. Brix und E. Lampe, zugleich mit dem Danke für seine Mühewaltung, Entlastung ertheilt wird. Die von ihm gemachten Voranschläge für den Haushalt des beginnenden Geschäfsjahres werden einstimmig angenommen.

Aus der dann vorgenommenen Neuwahl des Vorstandes geht dieser in folgender Zusammensetzung hervor:

Vorsitzende:
1. Hr. E. Warburg,
2. „ W. von Bezold.
3. „ F. Kohlrausch,

Schriftführer:
1. Hr. B. Schwalbe,
2. „ A. König,
3. „ H. Börnstein,
4. „ R. Assmann.

Rechnungsführer:
1. Hr. M. Planck,
2. „ W. Brix,
3. „ E. Lampe.

Bibliothekare:
1. Hr. U. Behn,
2. „ W. Kaufmann.

Hr. **O. Lummer** sprach dann

über die Grauggluth und Rothgluth.

Sitzung vom 28. Mai 1897.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. **W. Kaufmann** machte eine vorläufige Mittheilung:

über die magnetische Ablenkung der Kathodenstrahlen.

Hr. **A. König** berichtete dann über Versuche betreffend

die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität.

Sitzung vom 18. Juni 1897.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. **P. Glan** trug vor:

Theoretische Untersuchungen über elastische Körper und Licht. — Die Absorption in Krystallen.

Hr. **F. Neesen** machte

eine Bemerkung zu einer Arbeit der Hrn. Stroud und Handerson.



Ueber die Grauglut und Rothgluth; von O. Lummer.

(Vorgetragen am 14. Mai 1897.)
(Vgl. oben p. 119.)

Die ersten Versuche über Lichtemission datiren von Draper (1847), welcher feststellte, dass alle festen Körper bei etwa 525° C. zu leuchten anfangen und zuerst rothes Licht aussenden. Als H. F. Weber[1]) die Draper'schen Versuche bei Gelegenheit einer Arbeit über die Strahlung verschiedener Kohlefasern wiederholte und zwar im Dunkelzimmer bei Nacht, bemerkte er, dass die Lichtentwickelung gar nicht mit der Rothgluth beginnt, sondern der Kohlefaden schon bei etwa 400° C. ein „düsternebelgraues“ oder „gespenstergraues“ Licht aussendet. „Diese erste Spur düsternebelgrauen Lichtes erscheint dem Auge als etwas unstet, glimmend, auf- und abhuschend, und dieses Hin- und Herzittern verschwindet erst mit dem Auftreten der ersten Andeutung der Rothgluth; von da an machte das von dem Faden ausgesandte Licht den Eindruck eines absolut ruhigen Lichtes.“ Ehe das ausgesandte Licht einen farbigen Charakter annimmt, geht es vom Düstergrau über in hellgrau von immer grösserer Helligkeit, wird gelblichgrau, um schliesslich eine lichte feuerrothe Färbung anzunehmen. Bei weiterer Temperatursteigerung nimmt das Feuerroth rasch an Stärke zu, verwandelt sich in Hellroth, um von jetzt an in bekannter Weise in Orange, Gelblichweiss und Weiss überzugehen.

Auch stellt Weber fest, dass die verschiedenen Metalle bei verschiedenen Temperaturen zu leuchten beginnen. Ausführlich wurden diese Ergebnisse von R. Emden[2]), einem Schüler Weber's, geprüft, welcher namentlich auf die Temperaturbestimmungen besondere Sorgfalt verwendete.

Gleich nach Weber's Publication veröffentlichte Stenger[3])

---

1) Weber, Sitzungsber. d. Berl. Akad. **28**. p. 491. 1887.

1) R. Emden, Wied. Ann. **36**. p. 214—235. 1889.

3) Stenger, Wied. Ann. **32**. p. 271. 1887.

Einiges zu Weber's Versuchen und betonte namentlich, dass die sichtbare Entwickelung des Spectrums glühender Körper keinen Schluss erlaube über die objective Entwickelung desselben. Weber hatte nämlich gefolgert, dass sich das Spectrum des Kohlefadens nicht einseitig in der Richtung von Roth nach Violett, sondern von der Mitte aus gleichmässig nach beiden Seiten entwickelt. Ausser den genannten Arbeiten scheint nichts weiter über die Grauglutb und Rothgluth publicirt worden zu sein. Es ist dies auffällig, da die Weber'schen Erscheinungen Merkwürdiges genug bieten, was noch sehr der Aufklärung bedarf und was besonders die Physiologen hätte interessiren können. Denn nach Ansicht des Vortragenden findet die Grau- und Rothgluth und die ganze Art ihres Auftretens nur dann eine befriedigende und vollständige Erklärung, wenn man die Graugluth als die von den Stäbchen der Netzhaut, die Rothgluth als die von den Netzhautzapfen vermittelte Lichtempfindung auffasst.

Zu dem Zwecke geht der Vortragende näher auf die Ergebnisse der physiologischen Arbeiten der letzten fünfzehn Jahre ein, nachdem er ganz kurz und cursorisch die Young-Helmholtz'sche und Hering'sche Theorie skizzirt hatte. Namentlich die Arbeiten von A. König [1]) über den menschlichen Sehpurpur erfährt eine ausführliche Beleuchtung, da auf ihr sich die Theorie von J. v. Kries aufbaut, gemäss welcher die Zapfen und Stäbchen der Netzhaut zwei ganz verschiedene Sehapparate darstellen, die besonderen Zwecken dienen.

Schon König hatte den Schluss gezogen, dass die Zersetzung des Sehpurpurs das scheinbar farblose Sehen der Farbentüchtigen bei geringer Helligkeit [2]) und dasjenige der Totalfarbenblinden bei beliebiger Helligkeit vermittelt und somit den Netzhautstäbchen, welche allein Sehpurpur enthalten, eine besondere Rolle beim Sehen zugewiesen. Da

---

1) A. König, Sitzungsber. d. Berl. Akad. p. 577. 1894.

2) Diese von Hering und Hillebrand 1889 genau untersuchte Erscheinung, dass wir das Sonnenspectrum bei sehr geringer Helligkeit farblos sehen, ist schon 1873 von W. v. Bezold in seiner Arbeit: „Ueber das Gesetz der Farbenmischung etc." beobachtet und beschrieben worden.

König nun ferner durch die Absorptionsverhältnisse des durch die Zersetzung des Sehpurpurs entstehenden Sehgelbes darauf geführt wurde, die Stäbchen als die Vermittler der Blauempfindung im Sinne der Young-Helmholtz'schen Farbentheorie aufzufassen, so musste er den Zapfen logischerweise die Blauempfindung absprechen. Nach König's Theorie müssen somit alle Menschen auf der Netzhautgrube (fovea centralis), welche nur Zapfen und keine Stäbchen, also auch keinen Sehpurpur und kein Sehgelb enthält, blaublind sein, während die Totalfarbenblinden, bei denen der Sehpurpur die einzige Sehsubstanz ist, auf der fovea totalblind sein müssen. Bei dem Versuch zum Nachweis der Blaublindheit stiess König auf neue Thatsachen, welche deutlich den Unterschied zwischen centralem und peripherem Sehen darlegen. Mit Ausnahme des Gelb (etwa 580 $\mu\mu$) treten alle Farben bei genügender Helligkeit in der fovea farbig über die Schwelle, während sie peripher gesehen, mit Ausnahme von Roth, schon bei viel geringerer Helligkeit, dafür aber farblos die Schwelle überschreiten.

Diese Versuche, in Verbindung mit den physiologischen Ergebnissen des letzten Jahrzehntes und mit eigenen Experimenten, veranlassten J. v. Kries, welcher ebensowenig wie Hering u. A. die Blaublindheit der fovea bestätigen konnte, zur Aufstellung der Hypothese, dass die Zapfen das farbige Sehen bei grosser Helligkeit, die Stäbchen dagegen, ganz wie in König's Theorie, das farblose Sehen bei geringer Helligkeit vermitteln. Dementsprechend bezeichnet Kries die Zapfen als unseren farbentüchtigen „Hellapparat“, die Stäbchen als den totalfarbenblinden „Dunkelapparat“. Dabei hat der Stäbchenapparat die besondere Fähigkeit, seine hohe Empfindlichkeit gegen schwaches Licht durch den Aufenthalt im Dunkeln wesentlich zu steigern. „Dunkeladaptation“ nennt Kries diese Eigenschaft der purpurhaltigen Stäbchen. Wo, wie auf den peripheren Theilen der Netzhaut, beide Sehapparate vorhanden sind, treten diese in Wettstreit, wobei die Zapfen im Hellen, die Stäbchen im Dunkeln überwiegen.

Nachdem einmal diese Theorie aufgestellt war, lag es nahe, die Grauglut den Stäbchen und die Rothgluth den Zapfen zuzuschreiben und sich zu fragen, ob die von Weber

geschilderten Erscheinungen durch diese Annahme ihre Erklärung finden, bez. ob neue Ergebnisse daraus herzuleiten sind. Zunächst lässt sich jenes von WEBER beobachtete Hin- und Herzittern der Graugluth leicht erklären. Werden bei ihrer grossen Empfindlichkeit im Dunkeln die dunkeladaptirten Stäbchen früher erregt als die Zapfen, so erscheint der erhitzte Körper in farbloser Gluth, welche mit steigender Temperatur lediglich an Helligkeit zunimmt. Diese „Graugluth“ kann aber nur peripher wahrgenommen werden; solange die Zapfen noch nicht in merkbare Erregung gerathen, geht also lediglich von den Stellen des indirecten Sehens eine Lichtmeldung zum Gehirn. Es tritt somit der uns ungewohnte Zustand ein, dass wir etwas sehen, was wir nicht fixiren und dass die Lichtempfindung aufhört und das Gesehene verschwindet, sobald wir den Blick dorthin richten, von wo die erregenden Strahlen zu kommen scheinen. Also nicht die Temperaturschwankungen und die Müdigkeit des Auges erzeugen, wie WEBER annimmt, jenes unstete Auftreten der Graugluth, sondern es ist meines Erachtens die Folge des Stäbchensehens, solange die farblose Gluth allein auftritt. Sobald auch die Zapfen erregt werden und eine deutliche farbige Lichtempfindung im Gehirn hervorbringen, meldet auch die Netzhautgrube daselbst „Licht“, und uns erscheint auch das leuchtend, was wir fixiren, ganz wie wir es beim Sehen im Hellen gewohnt sind. Damit muss natürlich das Glimmen und Zittern verschwinden, welches der Graugluth eigen ist.

Die Färbung der auftretenden farbigen Gluth muss wesentlich bedingt sein durch die Stelle der Netzhaut, mit der wir sie beobachten. Trifft die Strahlung eine Stelle, wo sowohl Zapfen als Stäbchen vorhanden sind, so muss infolge des Wettstreites beider Sehapparate, ihre gesonderten Meldungen im Gehirn zur alleinigen Geltung zu bringen, die Stäbchen eine farblose, die Zapfen eine farbige Empfindung, nothwendig eine Verschmelzung beider Empfindungen zu Stande kommen. Es lässt sich von vornherein also nichts über die Farbe aussagen, mit welcher die sogenannte „Rothgluth“ über die Schwelle tritt. Jedenfalls wird die farbige Gluth peripher erst bei einer viel höheren Temperatur eintreten als foveal. Auf der Netzhautgrube sind die Stäbchen

mit ihrer Weissempfindung ausgeschaltet; hier können sie die farbige Empfindung der Zapfen nicht beeinflussen. Sorgt man dafür, dass nur die Netzhautgrube Strahlen erhält, so muss die beobachtete Gluth im allgemeinen sogleich farbig über die Schwelle treten. Die Farbe richtet sich hier allein nach der Lage der maximalen Energie im normalen Spectrum und der subjectiven Empfindlichkeit der Zapfen für die verschiedenen Wellenlängen.

Tragen nur Stäbchen zur Lichtvermittelung bei, so darf die Graugluth niemals in eine „Rothgluth" übergehen, wie hoch auch die Temperatur des strahlenden Körpers gesteigert wird. Die in diesem Fall zu erwartende Erscheinung dürfte nahezu eintreten, wenn man mittels des Netzhautrandes beobachtet; nicht als ob hier nur Stäbchen wären, sondern weil der Rand der Netzhaut total farbenblind ist. Uebrigens rührt nach den neuesten Experimenten von KRIES diese totale Farbenblindheit nicht davon her, dass am Rande die Stäbchen an Zahl vorherrschen.

Die wenigen bisher von mir angestellten Experimente bestätigen im grossen Ganzen die aus der KRIES'schen Theorie gezogenen Schlüsse. Zunächst leuchtet eine genügend kleine Fläche eines electrisch geglühten Platinbleches beim indirecten Sehen schon hellgrau, wenn sie bei directer Beobachtung noch dunkel erscheint. Blickt man in horizontaler Richtung, so erscheint anfangs oberhalb der eigentlichen Oeffnung, durch welche die Strahlung ins Auge gelangt, ein grauer Nebelfleck, welcher verschwindet, sobald man die Oeffnung direct anblickt. Bei zunehmender Helligkeit verdichtet sich der Lichtfleck in der Mitte zu einem hellen sternartigen Gebilde auf einem hellen netzartigen Grunde. Will man die Oeffnung mit dem Finger verdecken, so greift man zu hoch. Erst wenn die farbige Gluth eintritt, erblickt man die Oeffnung da, wo das Tastgefühl sie als wirklich gelegen constatirt und fest haftet der Blick auf ihr, während die Beobachtung der Graugluth mit einem unbehaglichen Gefühl der Unsicherheit, Anstrengung etc. verbunden ist.

Aber auch wenn das sternartige, indirect gesehene Gebilde schon direct wahrgenommen wird, ist die Helligkeitsdifferenz beider Lichterscheinungen eine bedeutende. Dabei

erscheint die leuchtende Oeffnung noch bei ziemlich hoher Temperatur (etwa 600° C.) des Platinbleches peripher weisslich, wenn es central schon hell feuerroth leuchtet. Hieraus geht hervor, wie sehr die Stäbchen den Zapfen auch bei lebhafter Erregung der letzteren an Empfindlichkeit überlegen sind.

Man kann gleichzeitig das röthliche Bild neben dem farblosen, weisslichen Bilde sehen, wenn man, wie es im Dunkeln unwillkürlich geschieht, auf grosse Entfernungen accommodirt. Es erscheint in diesem Falle die leuchtende Oeffnung innerhalb des ringsumgebenden Dunkels doppelt und zwar wird sie mit dem einen Auge direct, mit dem anderen indirect gesehen. Je nachdem man das eine oder andere Auge auf die Oeffnung richtet, kann man die Färbung beider Bilder vertauschen. Verringert man langsam den scheinbaren Abstand der letzteren, indem man in die Nähe accommodirt, so kommt ein Moment, von welchem an beide Bilder eine ganz gleiche röthliche Färbung besitzen, die sie auch bis zum Verschmelzen in ein deutlich gesehenes Bild beibehalten. Aus den roh gemessenen Daten bestimmte sich die scheinbare Grösse des Bildabstandes, bei dem beide Bilder gerade eben gleiches Aussehen annehmen, zu etwa sechs Winkelgraden. Eine solche Ausdehnung muss demnach der centrale Bezirk der Netzhaut haben, auf dem die Zapfen, wenigstens in obigem Falle, die Stäbchen überflügeln.

Da die Stäbchen am meisten für Blaugrün empfindlich sind, rothe Flächen aber central und peripher bei gleicher Helligkeit und sogleich farbig auftauchen, so kann man aus der Thatsache, dass die Graugluth vor der Rothgluth über die Schwelle tritt, folgenden Schluss über die objective Strahlung ziehen: Ehe noch die von einem hoch genug erhitzten, festen Körper ausgesandten rothen und gelben Strahlen die Zapfen merkbar zu erregen im Stande sind, haben die blaugrünen Strahlen schon eine solche Energie erreicht, dass sie die Stäbchen in lebhafte Thätigkeit versetzen und eine deutliche Lichtempfindung hervorrufen.

Das Eintreten der farbigen Gluth bei centraler Beobachtung nur mittels der fovea ist schwer festzustellen, da man wider Willen im Dunkeln infolge der unwillkürlichen Augenbewegung von der Graugluth verlockt wird, peripher zu



beobachten. Nur mit aller Anstrengung gelingt es, ab und zu die grauleuchtende Fläche zum Verschwinden zu bringen und zwar mehr aus Zufall, indem man durch Blickänderung das Bild der Oeffnung mit der fovea zur Coincidenz bringt. Mit Benutzung dieses Kriteriums glaube ich gefunden zu haben, dass die Zapfen schon bei einer Temperatur von 450° C. merkbar erregt werden. Ueber die Farbe dieser ersten „Zapfengluth“ möchte ich aber vorläufig noch nichts Bestimmtes aussagen; sie schien mir gelblich zu sein.

Weitere diesbezügliche Versuche sollen mehr physikalische Zwecke verfolgen und namentlich die Bestimmung der relativ niedrigsten Temperatur, bei der ein Körper Licht auszusenden beginnt, zum Ziele haben. Dazu ist zunächst nothwendig, dass den Versuchen ein nach G. Kirchhoff „absolut schwarzer“ Körper als strahlende Substanz zu Grunde gelegt wird, weil nur dieser Körper in Bezug auf jede Wellenlänge von allen Substanzen die seiner Temperatur zukommende grösstmögliche Energie ausstrahlt. Als solcher diente mir ein Hohlraum von überall gleich temperirter Wandung mit einer relativ kleinen Oeffnung, durch die das Innere des Hohlraums nach aussen strahlt.[1]) Als Bad diente eine Mischung von Kali- und Natronsalpeter, dessen Temperatur mittels des Wien-Holborn'schen Pyrometers [2]) genau gemessen werden konnte. Es zeigte sich, dass der schwarze Körper schon bei 420° zu leuchten aufhörte, bei welcher Temperatur die Salpeteroberfläche von ziemlicher Ausdehnung noch deutlich düsternebelgraues Licht aussandte. Ausser der Art des Körpers ist also auch die Grösse der getroffenen Netzhautstelle von Einfluss auf die erste Lichtempfindung, da ohne Zweifel Salpeter dem Hohlraum an „Schwärze“ und somit an Strahlungsenergie nachsteht. Diese vorläufigen Versuche sollen daher erst wieder aufgenommen werden, wenn es gelungen ist, einen schwarzen Körper zu construiren, dessen Strahlung gleichzeitig einen grossen Theil der Netzhaut erregt.

Charlottenburg, Physik. Techn. Reichsanstalt.

---

1) W. Wien u. O. Lummer, Wied. Ann. **56.** 541. 1895.
2) L. Holborn u. W. Wien, Wied. Ann. **47.** 107—134. 1892.

Die Abhängigkeit der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität; von Arthur König.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 28. Mai 1897.)
(Vgl. oben p. 120.)

Nach kurzen Bemerkungen über die früheren diesen Gegenstand betreffenden Untersuchungen, wird gezeigt, dass nach sehr umfangreichen von dem Vortragenden an sich selbst und einem Totalfarbenblinden angestellten Messungen, bei farbentüchtigen Augen die Wahrnehmung der Formen mit wachsender Beleuchtung zunächst durch die Stäbchen und später erst durch die Zapfen geschieht; es vollzieht sich also hierbei ein ganz analoger Vorgang wie bei der Lichtenpfindung selbst, wo mit zunehmender Intensität des in das Auge einfallenden Lichtes die Empfindung auch zuerst durch die Reizung der Stäbchen und später erst durch die Reizung der Zapfen in der Netzhaut bewirkt wird. Die Schärfe dieser Formenwahrnehmung S (Sehschärfe) ist für beide Elemente eine lineare Function des Logarithmus der Beleuchtungsintensität B des gesehenen Objects, $S = \alpha(\log B - \log C)$. Der Factor α ist von der Natur des benutzten Lichts unabhängig, aber für die Zapfensehschärfe ungefähr zehnmal so gross wie für die Stäbchensehschärfe. Die Constante C ist umgekehrt proportional dem Helligkeitswerth des benutzten Lichts, wobei zu berücksichtigen ist, dass diese Helligkeitswerthe wesentlich verschieden sind, je nachdem Stäbchen oder Zapfen zur Aufnahme des Lichtreizes dienen. Bei angeborener totaler Farbenblindheit fällt die stärker ansteigende Zapfensehschärfe fort, dafür wächst aber die Stäbchensehschärfe noch etwas über denjenigen Betrag hinaus, den sie bei Farbentüchtigkeit erreicht hat, wenn die Wirksamkeit der Zapfen einsetzt.

Theoretische Untersuchungen über elastische Körper und Licht; von Paul Glan.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 18. Juni 1897.)

(Vgl. oben p. 106 und 120.)

Schwache Absorption in Krystallen.

Wenn man an der ersten der beiden Gleichungen

$$(1)\quad \begin{cases} \frac{s\pi^2}{4}\gamma'^{-2}\left[\left(\frac{j^2}{16}-\frac{\pi^2}{4}\right)\gamma+\frac{\pi j}{4}V\iota\gamma\right]\left(\frac{j^2}{16}+\frac{\pi^2}{4}\right)^{-2} \\ \qquad = -\varphi_1'(V\iota\gamma)+\varphi_2'(\gamma), \end{cases}$$

$$(2)\quad \begin{cases} -\frac{s\pi^2}{4}\gamma'^{-2}\left[\left(\frac{j^2}{16}-\frac{\pi^2}{4}\right)V\iota\gamma-\frac{\pi j}{4}\gamma\right]\left(\frac{j^2}{16}+\frac{\pi^2}{4}\right)^{-2} \\ \qquad = -\varphi_1'(\gamma)-\varphi_2'(V\iota\gamma), \end{cases}$$

welche sich für kreisförmige Längsschwingungen in Krystallen in diesen Untersuchungen ergeben haben, mit $S\,V\iota\gamma$ operirt und den Brechungsindex N, gleich $V_0 \,.\, V^{-1}$, einführt, ergiebt sich

$$J = -\frac{N\pi}{s\,V_0\,4\,h\,l^2}\,S\,V\iota\gamma\,\varphi_1'(V\iota\gamma)+\frac{N\pi}{s\,V_0\,4\,h\,l^2}\,S\,V\iota\gamma\,\varphi_2'(\gamma),$$

wenn J den Vernichtungsindex $j:4\,l$ bezeichnet. Nun ist

$$\frac{N\pi}{s\,V_0\,4\,h\,l^2}\,S\,V\iota\gamma\,\varphi_2'(\gamma) = -\frac{16\,N\,V_0}{s^2\,\pi^5\,h\,l^2}\left[(N_2^{-2}-N_1^{-2})\,S\,V\iota\gamma\,\omega_2\,S\,\omega_2\,\gamma \right.$$
$$\left. + (N_3^{-2}-N_1^{-2})\,S\,V\iota\gamma\,\omega_3\,S\,\omega_3\,\gamma\right].$$

Dies Glied verschwindet, wenn die Wellennormale γ oder $V\iota\gamma$ die Richtung einer Krystallaxe hat. Da die Doppelbrechung meist schwach ist, sind die Differenzen der Quadrate der Hauptbrechungsindices klein und auch wegen des Factors $16/\pi^5$ darf

$$\frac{N\pi}{s\,V_0\,4\,h\,l^2}\,S\,V\iota\gamma\,\varphi_2'(\gamma)$$

zunächst unberücksichtigt bleiben und es ist dann

$$J = S\sqrt{\frac{N\pi}{s\,V_0\,4\,h\,l^2}}\,V\iota\gamma\,\varphi_{1,0}'\left(-\sqrt{\frac{N\pi}{s\,V_0\,4\,h\,l^2}}\,V\iota\gamma\right);$$

hier ist $\varphi'_{1,0}$ der selbstconjugirte Theil von φ'_1. Wie bei der Herleitung des Ellipsoides der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten ergeben sich danach die Gleichungen

$$S\sqrt{\frac{N}{J l^2}}\, V\iota\gamma\, \varphi'_{1,0}\left(\frac{-\pi}{s\, V_0\, 4h}\sqrt{\frac{N}{J l^2}}\, V\iota\gamma\right) = 1$$

$$S\gamma\sqrt{\frac{N}{J l^2}}\, V\iota\gamma = 0 = S\gamma\sqrt{\frac{N}{J l^2}}\, V\iota\gamma\, \varphi'_{1,0}\left(\frac{-\pi}{s\, V_0\, 4h}\sqrt{\frac{N}{J l^2}}\, V\iota\gamma\right).$$

Es ist $\sqrt{N/J l^2}$ der Tensor eines Radiusvectors des Absorptionsellipsoides

$$S\sqrt{\frac{N}{J l^2}}\, V\iota\gamma\, \varphi'_{1,0}\left(\frac{-\pi}{s\, V_0\, 4h}\sqrt{\frac{N}{J l^2}}\, V\iota\gamma\right) = 1$$

parallel $V\iota\gamma$, dem Durchschnitt der Längskreisschwingungsebene mit der Wellenebene. Die rechtwinkelige Transformation dieser Gleichung ergiebt

$$\frac{J l^2}{N} = \frac{l_1^2 J_1}{N_1}(S\omega'_1 V\iota\gamma)^2 + \frac{J_2 l_2^2}{N_2}(S\omega'_2 V\iota\gamma)^2 + \frac{J_3 l_3^2}{N_3}(S\omega'_3 V\iota\gamma)^2$$

und, wenn man den Unterschied der Brechungsindices bei schwach doppelbrechenden Krystallen mit erheblichem Dichroismus nicht berücksichtigt,

$$J = J_1 (S\omega'_1 V\iota\gamma)^2 + J_2 (S\omega'_2 V\iota\gamma)^2 + J_3 (S\omega'_3 V\iota\gamma)^2.$$

Die Einheitsvectoren ω'_1, ω'_2, ω'_3 rechtwinklig zu einander haben dieselbe Richtung wie die Hauptaxen des Absorptionsellipsoides. Hr. C. Camichel hat die Richtigkeit des letzten Ausdrucks photometrisch an schwach doppelbrechenden farbigen Krystallen geprüft und seine Messungen bestätigen ihn vollkommen.

Wenn zwischen den elastischen Constanten des Absorptionsellipsoides ähnliche Beziehungen bestehen, wie die zwischen denen des Ellipsoides der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten eines Krystalles werden J_1, J_2, J_3 dann von der Lage der Wellenebene unabhängig, constant und beide Ellipsoide haben drei gleichgerichtete Hauptaxen. Es sind ω'_1, ω'_2, ω'_3 die in die Krystallaxen fallenden Vectoren ω_1, ω_2, ω_3. Ist ω_1 die krystallographische Axe eines einaxigen Krystalles, wird

$$J = J_1\, S(\omega_1 V\iota\gamma)^2 + J_2 (S\omega_2 V\iota\gamma)^2,$$

und Hr. Camichel fand an verschiedenen Turmalinen die Abhängigkeit des Vernichtungsindex der ausserordentlichen zur Axe unter verschiedenen Winkeln geneigten Schwingung von dieser Neigung in dieser Weise sehr gut dargestellt.

Haben die Hauptaxen des Absorptionsellipsoides nicht die Richtungen derjenigen des Ellipsoides der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten, des Brechungsellipsoides, sind jedoch die elastischen Constanten des ersteren bei einem Krystall der Art, dass J_1, J_2, J_3 constant, unabhängig von der Richtung des Wellenlothes, werden, nimmt die Gleichung des Absorptionsellipsoides, da

$$\omega_1' = -\omega_1 S\omega_1\omega_1' - \omega_2 S\omega_2\omega_1' - \omega_3 S\omega_3\omega_1'$$

u. s. w., die Form an

$$J = J_1'(S\omega_1 V\iota\gamma)^2 + J_2'(S\omega_2 V\iota\gamma)^2 + J_3'(S\omega_3 V\iota\gamma)^2$$
$$+ J_4' S\omega_1 V\iota\gamma S\omega_2 V\iota\gamma + J_5' S\omega_2 V\iota\gamma S\omega_3 V\iota\gamma$$
$$+ J_6' S\omega_3 V\iota\gamma S\omega_1 V\iota\gamma.$$

Es haben ω_1, ω_2, ω_3 die Richtungen der Hauptaxen des Brechungsellipsoides und $J_1' \ldots J_6'$ sind constant. Wenn für einen Krystall J_5' verschwindet und $V\iota\gamma$ senkrecht zu ω_1 ist, folgt

$$J = J_2'(S\omega_2 V\iota\gamma)^2 + J_3'(S\omega_3 V\iota\gamma)^2;$$

ist aber für denselben Krystall $V\iota\gamma$ normal zu ω_2, wird

$$J = J_1'(S\omega_1 V\iota\gamma)^2 + J_3'(S\omega_3 V\iota\gamma)^2 + J_6' S\omega_3 V\iota\gamma S\omega_1 V\iota\gamma.$$

So verhielt sich, nach den photometrischen Messungen des Hrn. Camichel, der Epidot in Betreff seiner Absorption für Natronlicht.

Krystalle der letzteren Art haben auch Axen einfarbiger Brechung, die Lothe der Wellenebenen parallel den Kreisschnitten ihrer Absorptionsellipsoide. Beide Längskreisschwingungen dieser Wellenebenen werden gleich stark absorbirt. Nun ergeben die Gleichungen

$$S\gamma\sqrt{\frac{N}{Jl^2}}V\iota\gamma = 0 = S\gamma\sqrt{\frac{N}{Jl^2}}V\iota\gamma\,\varphi_{1,0}'\left(\frac{-\pi}{s\,V_0\,4\,h}\sqrt{\frac{N}{Jl^2}}V\iota\gamma\right)$$

mit der des Absorptionsellipsoides für solche Krystalle für $\sqrt{N/Jl^2}$ die bekannte Construction der Fortpflanzungsge-

schwindigkeiten, es folgt danach die Gleichung der Absorptionsfläche

$$(S\omega_1\gamma)^2\left(\frac{J l^2}{N}-\frac{J_1 l_1^2}{N_1}\right)^{-1}+(S\omega_2\gamma)^2\left(\frac{J l^2}{N}-\frac{J_2 l_2^2}{N_2}\right)^{-1}$$
$$+(S\omega_3\gamma)^2\left(\frac{J l^2}{N}-\frac{J_3 l_3^2}{N_3}\right)^{-1}=0.$$

Der allgemeine Ausdruck für den Vernichtungsindex J bei schwacher Absorption, bei der nur j in Betracht zu ziehen ist, lautet

$$J = S\frac{N\pi h^2}{s\,V_0\,4h\,V_1^2}V\iota\gamma\,\frac{1}{2}\,[\beta_{(1)}S\omega_1 V\iota\gamma+\beta_{(2)}S\omega_2 V\iota\gamma$$
$$+\beta_{(3)}S\omega_3 V\iota\gamma+\omega_1 S\beta_{(1)}V\iota\gamma+\omega_2 S\beta_{(2)}V\iota\gamma$$
$$+\omega_3 S\beta_{(3)}V\iota\gamma]\,g_1^{-2}$$

und es ist

$$\beta_{(1)} = -\left[\left(e'_{1,2}\frac{\pi h}{2}-e'_{1,4}\left(\frac{\pi h}{2}\right)^3+\dots\right)\omega_1 S\omega_1\gamma\right.$$
$$+\left(e'_{2,2}\frac{\pi h}{2}-\dots\right)\omega_2 S\omega_2\gamma$$
$$\left.+\left(e'_{3,2}\frac{\pi h}{2}-\dots\right)\omega_3 S\omega_3\gamma\right]g_1^2 S\omega_1\gamma$$
$$+\left[\left(v'_{1,2}\frac{\pi h}{2}-\dots\right)\omega_2 S\omega_1\gamma\right.$$
$$\left.+\left(v'_{2,2}\frac{\pi h}{2}-\dots\right)\omega_1 S\omega_2\gamma\right]g_1^2 S\omega_2\gamma$$
$$+\left[\left(v'''_{1,2}\frac{\pi h}{2}-\dots\right)\omega_3 S\omega_1\gamma+\dots\left(v'''_{3,2}\frac{\pi h}{2}-\dots\right)\omega_1 S\omega_3\gamma\right]g_1^2 S\omega_3\gamma$$
$$+g_1^2\left\{\left[(0_{1,3}\omega_1 S\omega_1\gamma+0_{2,3}\omega_2 S\omega_2\gamma\right.\right.$$
$$\left.+0_{3,3}\omega_3 S\omega_3\gamma)\left(\frac{\pi h}{2}\right)^2-\dots\right]k_\gamma(s\,c_v)^{-1}\,4\pi^2(4\,l)^{-2}\frac{2}{\pi h}$$
$$-\left[(0_{1,2}\omega_1 S\omega_1\gamma+0_{2,2}\omega_2 S\omega_2\gamma\right.$$
$$\left.\left.+0_{3,2}\omega_3 S\omega_3\gamma)\frac{\pi h}{2}-\dots\right]\right\}S\omega_1\gamma\,\mathfrak{T}(s\,c_v\,\mathfrak{a})^{-1}A_1,$$

$$\beta_{(2)} = -\left[\left(e''_{1,2}\frac{\pi h}{2}-e''_{1,4}\left(\frac{\pi h}{2}\right)^3+\dots\right)\omega_1 S\omega_1\gamma\right.$$
$$+\left(e''_{2,2}\frac{\pi h}{2}-\dots\right)\omega_2 S\omega_2\gamma$$
$$\left.+\left(e''_{3,2}\frac{\pi h}{2}-\dots\right)\omega_3 S\omega_4\gamma\right]g_1^2 S\omega_2\gamma$$

$$
\begin{aligned}
&+\left[\left(v'_{1,2}\frac{\pi h}{2}-\ldots\right)\omega_2\, S\,\omega_1\,\gamma\right.\\
&\left.+\left(v'_{2,2}\frac{\pi h}{2}-\ldots\right)\omega_1\, S\,\omega_2\,\gamma\right] g_1^2\, S\,\omega_1\,\gamma\\
&+\left[\left(v''_{2,2}\frac{\pi h}{2}-\ldots\right)\omega_3\, S\,\omega_2\,\gamma\right.\\
&\left.+\left(v''_{3,2}\frac{\pi h}{2}-\ldots\right)\omega_2\, S\,\omega_3\,\gamma\right] g_1^2\, S\,\omega_3\,\gamma\\
&+g_1^2\left\{\left[(0_{1,3}\,\omega_1\, S\,\omega_1\,\gamma+0_{2,3}\,\omega_2\, S\,\omega_2\,\gamma\right.\right.\\
&\left.+0_{3,3}\,\omega_3\, S\,\omega_3\,\gamma)\left(\frac{\pi h}{2}\right)^2-\ldots\right] k_\gamma\,(s\,c_v)^{-1}\,4\,\pi^2\,(4\,l)^{-2}\,\frac{2}{\pi h}\\
&-\left[(0_{1,2}\,\omega_1\, S\,\omega_1\,\gamma+0_{2,2}\,\omega_2\, S\,\omega_2\,\gamma\right.\\
&\left.\left.+0_{3,2}\,\omega_3\, S\,\omega_3\,\gamma)\frac{\pi h}{2}-\ldots\right]\right\} S\,\omega_2\,\gamma\,\mathfrak{T}\,(s\,c_v\,\mathfrak{a})^{-1}\,A_2\,,
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\beta_{(3)}=&-\left[\left(e'''_{1,2}\frac{\pi h}{1}-e'''_{1,4}\left(\frac{\pi h}{2}\right)^3+\ldots\right)\omega_1\, S\,\omega_1\,\gamma\right.\\
&+\left(e'''_{2,2}\frac{\pi h}{2}-\ldots\right)\omega_2\, S\,\omega_2\,\gamma\\
&\left.+\left(e'''_{3,2}\frac{\pi h}{2}-\ldots\right)\omega_3\, S\,\omega_3\,\gamma\right] g_1^2\, S\,\omega_3\,\gamma\\
&+\left[\left(v''_{2,2}\frac{\pi h}{2}-\ldots\right)\omega_3\, S\,\omega_2\,\gamma\right.\\
&\left.+\left(v''_{3,2}\frac{\pi h}{2}-\ldots\right)\omega_2\, S\,\omega_3\,\gamma\right] g_1^2\, S\,\omega_2\,\gamma\\
&+\left[\left(v'''_{1,2}\frac{\pi h}{2}-\ldots\right)\omega_3\, S\,\omega_1\,\gamma\right.\\
&\left.+\left(v'''_{3,2}\frac{\pi h}{2}-\ldots\right)\omega_1\, S\,\omega_3\,\gamma\right] g_1^2\, S\,\omega_1\,\gamma\\
&+g_1^2\left\{\left[(0_{1,3}\,\omega_1\, S\,\omega_1\,\gamma+0_{2,3}\,\omega_2\, S\,\omega_2\,\gamma\right.\right.\\
&\left.+0_{3,3}\,\omega_3\, S\,\omega_3\,\gamma)\left(\frac{\pi h}{2}\right)^2-\ldots\right] k_\gamma\,(s\,c_v)^{-1}\,4\,\pi^2\,(4\,l)^{-2}\,\frac{2}{\pi h}\\
&-\left[(0_{1,2}\,\omega_1\, S\,\omega_1\,\gamma+0_{2,2}\,\omega_2\, S\,\omega_2\,\gamma\right.\\
&\left.\left.+0_{3,2}\,\omega_3\, S\,\omega_3\,\gamma)\frac{\pi h}{2}-\ldots\right]\right\} S\,\omega_3\,\gamma\,\mathfrak{T}\,(s\,c_v\,\mathfrak{a})^{-1}\,A_3.
\end{aligned}
$$

Für Krystalle, bei denen zwischen den elastischen Constanten des Absorptionsellipsoides ähnliche Beziehungen be-

stehen, wie die zwischen denen seines Brechungsellipsoides, wird, wenn $s V_1^2$ durch den früher gegebenen Werth für solche Krystalle ersetzt wird,

$$J_1 = \frac{N_1}{2 V_0} \Big\{ k_\gamma (s c_v)^{-1} (4 l_0)^{-2} N_1^2 \, 4 \pi^2 \Big[\mathfrak{o}_{1,3} - \mathfrak{o}_{1,5} \frac{\pi^2 h^2}{4} + \ldots \Big]$$

$$- \Big[\mathfrak{o}_{1,2} - \mathfrak{o}_{1,4} \frac{\pi^2 h^2}{4} + \ldots \Big] \Big\} \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} A_1 \Big[e'_{1,3} - e'_{1,5} \frac{\pi^2 h^2}{4} + \ldots \Big]^{-1}$$

$$+ \frac{N_1}{2 V_0} \Big[- e'_{1,2} + e'_{1,4} \frac{\pi^2 h^2}{4} - \ldots \Big] \cdot \Big[e'_{1,3} - e'_{1,5} \frac{\pi^2 h^2}{4} + \ldots \Big]^{-},$$

wenn

$$\frac{4}{\pi^2} \Big[e'_{1,3} \frac{\pi^2 h^2}{4} - e'_{1,5} \frac{\pi^4 h^4}{16} + \ldots \Big]$$

das Hauptglied im Ausdrucke für $s V_1^2$ ist; so wurde es früher bei der nummerischen Bestimmung der Doppelbrechung einiger Krystalle angesehen und dieses grösste Glied im Werthe von $s V_1^2$ ist dann hier allein in Rechnung gestellt. Ist jedoch für Stoffe

$$\frac{4}{\pi^2} \Big[\mathfrak{o}_{1,3} \frac{\pi^2 h^2}{4} - \mathfrak{o}_{1,5} \frac{\pi^4 h^4}{16} + \ldots \Big] \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} A_1$$

das grösste Glied im Werthe von $s V_1^2$ und wird als solches allein berücksichtigt, hat man

$$J_1 = \frac{2 \pi^2 N_1^3}{V_0 (4 l_0)^2} k_\gamma (s c_v)^{-1} - \frac{N_1}{2 V_0} \Big\{ \Big[\mathfrak{o}_{1,2} - \mathfrak{o}_{1,4} \frac{\pi^2 h^2}{4} + \ldots \Big]$$

$$+ \Big[- e'_{1,2} + e'_{1,4} \frac{\pi^2 h^2}{4} - \ldots \Big] (\mathfrak{T} A_1)^{-1} s c_v \mathfrak{a} \Big\}$$

$$\cdot \Big[\mathfrak{o}_{1,3} - \mathfrak{o}_{1,5} \frac{\pi^2 h^2}{4} + \ldots \Big]^{-1}.$$

Das erste Glied dieses Ausdruckes für den Vernichtungsindex J_1 ist dasselbe, mit dem ich früher für viele Stoffe, auch für die durch von Röntgen entdeckten Strahlen, diesen Vernichtungsindex aus bekannten physikalischen Constanten habe berechnen können im Einklang mit der Erfahrung. Auch neue Beobachtungen von Spring bestätigen diesen Werth. Er untersuchte die Durchsichtigkeit des Wassers, Methyl-, Aethyl- und Amylalkohols für weisses Licht, in Röhren von 26 m Länge. Nach dem Grade ihrer Durchsichtigkeit geordnet und mit dem undurchsichtigsten Stoff, dem Wasser, beginnend, ergiebt sich nach seinen Versuchen folgende Anordnung:

Wasser, Methylalkohol, Aethylalkohol, Amylalkohol.



Nach dem ersten Gliede des Werthes für J_1 folgt nach den bekannten Werthen der in ihm auftretenden physikalischen Constanten für diese Stoffe die folgende Reihe:

Wasser, Aethylalkohol, Methylalkohol, Amylalkohol.

Die Differenzen der Durchsichtigkeit von Methyl- und Aethylalkohol, die in beiden Reihen ihre Stellen vertauschen, sind aber nach dem Experiment und der Theorie sehr geringfügig.

Wenn in dem Ausdrucke für das Quadrat der Fortpflanzungsgeschwindigkeit V'^2 auch $S V \iota \gamma \varphi_1''(\gamma)$ berücksichtigt wird, ergiebt sich

$$N_1^{-2} = N_1'^{-2} + \frac{4}{8 \pi^2 V_0^2} S V \iota \gamma \left[\beta_{(1)} S \omega_1 \gamma + \beta_{(2)} S \omega_2 \gamma + \beta_{(3)} S \omega_3 \gamma\right].$$

Es ist N_1' der Brechungsindex des Krystalles nach der bekannten Construction bestimmt, der wirkliche N_1 weicht von ihm wegen des neuen zweiten Gliedes ein wenig ab. Eine sehr genaue Untersuchung der Wellenfläche des Arragonites durch Hrn. Glazebrook ergab sie auch etwas verschieden von der aus dem Brechungsellipsoid in der bisher üblichen Weise abgeleiteten. Die elastischen Constanten in $\beta_{(1)}$, $\beta_{(2)}$, $\beta_{(3)}$ werden im Allgemeinen nicht ähnlichen Beziehungen bei einem Krystalle unterliegen wie die in β, β', β''.

Die beiden für den Vernichtungsindex J_1 gegebenen Ausdrücke führen für Krystalle, bei denen sich die in jenen Werthen auftretenden elastischen Constanten für die verschiedenen Axen nicht merkbar unterscheiden, zu der Regel, dass der stärker gebrochene der beiden zu einer Wellenebene gehörigen Strahlen der stärker absorbirte ist, wie sie Babinet aufgestellt und wie sie meist dem experimentell ermittelten Verhalten der Krystalle entspricht.

Es kann auch die Beziehung zwischen den elastischen Constanten eines Krystalles derart sein, dass sie nach jenen Werthen für einige oder alle Farben das entgegengesetzte Verhalten zeigen, als nach dieser Regel sich ergeben würde. Hierbei ist dann die verschieden grosse Dispersion der beiden Strahlen einer Welle mit von Einfluss.

Zu den Krystallen der letzteren Art, bei denen jene Regel nur für einige Farben anwendbar ist, gehören Idiokras und Apatit. Bei Krystallen, deren Krystallaxen diejenigen des

Brechungsellipsoides sind, ist im vollständigen Ausdrucke, zum Beispiel:

$$s V_1^2 = \left(\frac{4 e_1}{\pi^2} + e'_{1,3} h^2 - e'_{1,5} \frac{\pi^2 h^4}{4} + \dots\right)$$
$$+ \left\{\left[0_{1,3} h^2 - 0_{1,5} \frac{\pi^2 h^4}{4} + \dots\right] \left[1 + k_\gamma (s c_v)^{-1} \frac{j_1 h}{2 V_1^2} - \dots\right]\right.$$
$$\left. - \left(0_{1,2} - 0_{1,4} \frac{\pi^2 h^2}{4} + \dots\right) \left[k_\gamma (s c_v)^{-1} \frac{h^2}{V_1^2} - \dots\right]\right\} \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} A_1.$$

Sie geben mit Fortlassung der nicht angeführten Glieder, die klein gegen die beibehaltenen sind, eine quadratische Gleichung für V_1^2. Nehmen wir von ihren Wurzeln — es muss eine positive Lösung sein — die, welche aus dem positiven Vorzeichen vor der Wurzel der Lösung entsteht, und bilden aus dem Quotienten zweier solchen Ausdrücke für verschiedene Stoffe den Brechungsindex $N_{1,2}$, wird

$$N_{1,2}^2 = \dots + B'_2 (4 l_0)^4 + B'_1 (4 l_0)^2 + B_0 + B_1 (4 l_0)^{-2}$$
$$+ B_2 (4 l_0)^{-4} + \dots + \frac{J'_1}{N'_1} [\dots + C'_1 (4 l_0)^2 + C_0$$
$$+ C_1 (4 l_0)^{-2} + \dots] - \frac{J_1}{N_1} [\dots + D'_1 (4 l_0)^2 + D_0$$
$$+ D_1 (4 l_0)^{-2} + \dots].$$

Es sind $B'_2 \dots$ durch die physikalischen Constanten der beiden Stoffe bestimmt und J'_1 der Vernichtungsindex der Welle im ersten, J_1 derjenige im zweiten, weiter N'_1 der Brechungsindex für sie im ersten gegen den Weltraum, N_1 der für den zweiten. Diese Formel für $N_{1,2}^2$ giebt die anomale Dispersion bei starker Aenderung der Absorption mit der Wellenlänge. Ist der erste Körper der Weltraum oder Luft, wird J'_1 sehr klein, N'_1 eins und das Glied mit J'_1 kann fortbleiben.

Es können auch wegen der Kleinheit der Vernichtungsindices bei schwacher Absorption die Glieder ohne sie als hauptsächliche allein in N'_1 und N_1 genommen werden. Dann ergäbe sich bei veränderter Bedeutung der Constanten $B'_2, \dots$ vorige Werth für $N_{1,2}^2$, doch mit Fortlassung der Nenner N'_1, N_1.

Wenn für Strahlen die Absorption so bedeutend ist, dass auch j^2 ausser j zu berücksichtigen ist, jedoch nicht j^4, was der Fall ist, wenn j zwar kleiner als eins, doch nicht sehr klein ist, ergiebt sich aus der ersten der beiden vorigen

Gleichungen, welche sich für kreisförmige Längsschwingungen, wie anfangs angeführt, ergeben haben, bei Operation mit $S V \iota \gamma$ an ihr und Fortlassung von $S V \iota \gamma \varphi_2'(\gamma)$, da letzteres nach dem vorigen null für Nichtkrystalle und klein bei schwach doppelbrechenden Krystallen ist, welche die Mehrzahl bilden, die Gleichung:

$$j^2 + \frac{2 s \pi V'^2}{S V \iota \gamma \varphi_1' (V \iota \gamma)} j + 2 \pi^2 = 0,$$

und danach, nach der Annahme, dass $s^2 \pi^2 V'^4 : (S V \iota \gamma \varphi_1'(V \iota \gamma))^2 > 2 \pi^2$ und da nach Früherem $- S V \iota \gamma \varphi_1' (V \iota \gamma)$ positiv zu nehmen ist und j grösser als null sein muss,

$$j = \frac{2 \pi s V'^2}{S V \iota \gamma \varphi_1' (- V \iota \gamma)} + \frac{\pi S V \iota \gamma \varphi_1' (V \iota \gamma)}{s V'^2} + \ldots$$

Für Krystalle, oder Nichtkrystalle, zwischen deren elastischen Constanten ähnliche Beziehungen bestehen wie zwischen denen seines Brechungsellipsoides, wird, zum Beispiel, für $V \iota \gamma$ gleich ω_1,

$$S V \iota \gamma \varphi_1' (- V \iota \gamma) = \frac{\pi h}{2} \Big\{ - e_{1,2}' + e_{1,4}' \left(\frac{\pi h}{2}\right)^2 - \ldots$$
$$+ \left[\left(0_{1,3} - 0_{1,5} \left(\frac{\pi h}{2}\right)^3 + \ldots \right) k_\gamma (s c_v)^{-1} (4 \pi^2 - j^2)(4 l)^{-2} \right.$$
$$- \left(0_{1,2} - 0_{1,4} \left(\frac{\pi h}{2}\right)^2 + \ldots \right) \Big(1 + k_\gamma (s c_v)^{-1}$$
$$\left. \cdot\, 4 \pi j (4 l)^{-2} \frac{2}{\pi h} \Big) \right] \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} A_1 \Big\}.$$

Die Glieder mit dem kleinen Factor

$$k_\gamma^2 (s c_v)^{-2} (4 l)^{-4} \frac{4}{\pi^2 h^2}$$

sind nicht berücksichtigt. Das zweite Glied mit dem Factor $(0_{1,3} - \ldots)$ ist nach dem früher sich ergebenden Werthe von $\mathfrak{T} (s^2 c_v \mathfrak{a})^{-1} 0_{1,3} B_1 : e_{1,3}'$ als klein anzusehen, ebenso $k_\gamma (s c_v)^{-1} 4 \pi j (4 l)^{-2} : 2 \pi h$, und es folgt, weil $(j / 4 l) = J$ ist,

$$J_1 = \frac{s V'}{[- e_{1,2}' - 0_{1,2} \mathfrak{T} (s c_v \mathfrak{a})^{-1} A_1]} [1 + C_1 (4 l_0)^{-2} + \ldots],$$

wenn die kleineren Glieder im Ausdruck für j fortbleiben.

Wenn die elastischen Constanten und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit V' für eine bestimmte Art der Strahlen für die verschiedenen Stoffe nicht erheblich verschieden ist, wird $J_1 : s$ für alle Stoffe annähernd gleich. Es absorbiren Schichten

von gleicher Masse gleiche Mengen dieser Strahlen. Für sie folgt ein Absorptionsgesetz, welches Lenard für Kathodenstrahlen fand.

Ferner ändert sich im allgemeinen die Grösse der Absorption gleicher Massen mit der Strahlenart, der Wellenlänge $(4\,l_0)$ derselben im Weltraume. Dies fand Lenard so auch für verschiedene Kathodenstrahlen.

Es ergiebt sich bei gleicher Annäherung wie zuvor und wenn $j^2/16$ gegen $\pi^2/4$ als klein angesehen werden kann,

$$s\,V_1'^2 = \left(\frac{\pi^2}{4} + \frac{3\,J_1^2\,V_1'^2}{h^2}\right)\Big\{\frac{4\,e_1}{\pi^2} + e'_{1,3}\,h^2 - \ldots$$

$$+ \left[0_{1,3}\,h^2 - \ldots - \left(0_{1,2} - 0_{1,4}\,\frac{\pi^2 h^2}{4} + \ldots\right)\right.$$

$$\left. \cdot\; k_\gamma\,(s\,c_v)^{-1}\,h^2\,V_1'^{-2}\right]\,\mathfrak{T}\,(s\,c_v\,\mathfrak{a})^{-1}\,A_1\Big\}\,;$$

hier ist $k_\gamma\,(s\,c_v)^{-1}\,j_1\,h\,V_1'^{-2}$ gegen 1 fortgelassen. Aus einer Wurzel dieser in $V_1'^2$ quadratischen Gleichung und dem früheren Ausdrucke für das Quadrat der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in sehr schwach absorbirenden Stoffen, deren Vernichtungsindex für eine Wellenlänge j so klein ist, dass das ihn als Factor enthaltende Glied in jenem Ausdrucke fortbleiben kann, folgt für die Brechung solcher Strahlen aus dem schwächer in den stärker absorbirenden Körper

$$N_1^2 = \ldots + (B_1' - J_1^2\,C_1')(4\,l_0)^2 + (B_0 - J_1^2\,C_0)$$

$$+ (B_1 - J_1^2\,C_1)(4\,l_0)^{-2} + \ldots$$

$$+ J_1^4\,(D_1'\,(4\,l_0)^2 + D_0 + D_1\,(4\,l)^{-2} + \ldots),$$

als annähernde Formel mit Constanten, die sich aus den Ausdrücken für $V_1'^2$ in beiden Medien ergeben.

Bei den Krystallen mit sehr starker Absorption, wie sie Metalle besitzen, kann

$$\left(\frac{j^2}{16} - \frac{\pi^2}{4}\right)$$

verschwinden. Bei ihnen muss dann V'^2 in neuer Weise bestimmt werden.



Operirt man an der früheren Gleichung (1) mit $S\,V\iota\gamma$, folgt

$$s\frac{\pi^3}{16}j\,V'^2 = -g_1^4\,S\,V\iota\gamma\,\varphi_1'(V\iota\gamma) - g_1^4\,S\,V\iota\gamma\,\varphi_2'(\gamma).$$

Das zweite Glied rechts kann, wie vorher, als klein zum anderen fortgelassen werden. Es kann der nichtselbstconjugirte Theil von $\varphi_1'(V\iota\gamma)$ zunächst unberücksichtigt bleiben; er ergiebt sich als eine Summe von Gliedern, welche die Producte dreier Cosinus als Factor enthalten.

Es sollen auch zwischen den in $\varphi_1'(V\iota\gamma)$ auftretenden elastischen Constanten solche Beziehungen angenommen werden, durch welche die Factoren von $(S\omega_1\gamma)^2$, $(S\omega_2\gamma)^2$, $(S\omega_3\gamma)^2$ in $\beta_{(1)}$, ebenso in $\beta_{(2)}$, $\beta_{(3)}$ gleich werden. Fügt man die durch Operation mit $S\gamma\,V\iota\gamma$ an (1) folgende Gleichung

$$0 = S\frac{g_1^2\,V\iota\gamma}{V'\sqrt{j}}\frac{16}{s\pi^3}\varphi_1'\left(\frac{-g_1^2\,V\iota\gamma}{V'\sqrt{j}}\right)$$

hinzu, wie auch

$$S\gamma\frac{g_1^2\,V\iota\gamma}{V'\sqrt{j}} = 0,$$

folgt aus den drei letzten Gleichungen, dass ein Centralschnitt parallel der Wellenebene des Ellipsoides

$$S\frac{g_1^2\,V\iota\gamma}{V'\sqrt{j}}\frac{16}{s\pi^3}\varphi_1'\left(\frac{-g_1^2\,V\iota\gamma}{V'\sqrt{j}}\right) = 1$$

durch seine Hauptaxen die Richtungen der Durchschnitte der zwei einer ebenen Welle zugehörigen Längskreisschwingungen mit letzterer bestimmen und durch ihre Länge den zugehörigen Werth von

$$\left(\frac{j^2}{16} + \frac{\pi^2}{4}\right)V'^{-1}j^{-1/2}.$$

Durch Operation mit $S\,V\iota\gamma$ an der früheren Gleichung (2) ergiebt sich:

$$\frac{s\pi^4}{16}V'^2 - \frac{s\pi^2 j^2}{64}V'^2 = \left(\frac{j^4}{16} + \frac{j^2\pi^2}{32} + \frac{\pi^4}{16}\right)S\,V\iota\gamma\,\varphi_2'(-V\iota\gamma).$$

Rechts ist $S\,V\iota\gamma\,\varphi_1'(-\gamma)$ fortgelassen, weil es sich durch ähnliche Entwickelungen als klein ergiebt, wie sie zuvor zur

Kleinheit von $S V \iota \gamma \varphi_2'(\gamma)$ führten. Eine positive Wurzel der letzteren Gleichung ist

$$\frac{j^2}{16} = \frac{\pi^2}{4} + \dots$$

und danach wird

$$J = \frac{2\pi N}{4 l_0} + \dots$$

Dieser Ausdruck ergab mir früher befriedigende Werthe für den Vernichtungsindex der nichtkrystallischen Metalle.

Berlin, den 1. Juni 1897.



Bemerkung über eine Arbeit von Hrn. Stroud und Henderson; von F. Neesen.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 18. Juni 1897.)

(Vgl. oben p. 120.)

In Philosophical Magazine **43.** (5) p. 19 haben die Hrn. W. Stroud und J. B. Henderson eine Arbeit veröffentlicht, in welcher dieselben eine befriedigende Ergebnisse liefernde Methode zur Messung des Leitungswiderstandes im Electrolyten mittels constanter Ströme beschreiben. In der Arbeit werden verschiedene Physiker als Vorläufer erwähnt, insbesondere Tollinger und Elsass. Die Herren haben eine Arbeit von mir, Wied. Ann. **23.** p. 482—490 ganz übersehen, in welcher genau dieselbe Methode beschrieben ist, welche ihnen die befriedigenden Ergebnisse geliefert hat.

Jahrg. 16. **Nr. 9.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 2. Juli 1897.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. **F. F. Martens** besprach und demonstrirte

eine Methode, Marken und Theilstriche auf Glas hell auf dunklem Grunde sichtbar zu machen.

Hr. **A. König** berichtete darauf

über neuere den Accommodationsmechanismus betreffende Versuche der Hrn. Tscherning, Hess und Crzellitzer.

Hr. **F. Neesen** berichtete

über einen Blitzschlag in das Hauptrohr der städtischen Wasserleitung in Erfurt.

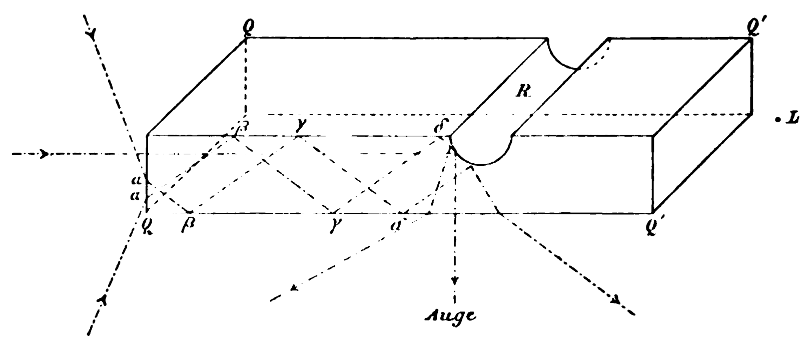
Eine Methode, Marken und Theilstriche auf Glas hell auf dunklem Grunde sichtbar zu machen;
von F. F. Martens.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 2. Juli 1897)

(Vgl. oben p. 143.)

1. Lässt man in eine Glasplatte durch die zur Platte senkrechten, polirten Endflächen Licht eintreten, so werden bekanntlich alle im Glase auf die Oberflächen der Platte fallenden Strahlen total reflectirt und treten nicht in die Luft aus.

Unterbricht man nun an einer Stelle die ebenen, polirten Oberflächen der Platte so, dass hier die im Glase fortgeleiteten



Strahlen zum Theil abgelenkt werden, aus der Platte austreten und in ein auf die Platte blickendes Auge gelangen, so erscheint diese Stelle als Convergenzpunkt eines sich ausbreitenden Strahlenbüschels hell und zwar hell auf dunklem Grunde, weil von der umgebenden Glasoberfläche keine Strahlen ins Auge gelangen.

2. Zu solcher Ablenkung der im Glase fortgeleiteten Strahlen eignen sich feine, mit dem Diamant gezogene oder geätzte, sowie gröbere geätzte Striche, am besten, wenn sie auf der dem beobachtenden Auge abgewandten Glasoberfläche befindlich sind. Der Strahlengang im Inneren der Glasplatte ist dann etwa so wie ihn obenstehende Figur darstellt. Die durch die Seitenwand QQ eingetretenen Lichtstrahlen $\alpha\,\beta\,\gamma\,\delta$

werden durch Totalreflexion im Glase fortgeleitet. Wie sich unter dem Mikroskope zeigt, reflectirt nun die der Eintrittsfläche des Lichtes zugekehrte Seitenwand einer Rille *R* die auffallenden Strahlen total und lenkt sie um etwa 90° ab, sodass sie aus der Glasplatte austreten und ins Auge gelangen. Damit auch die andere Seitenwand der Rille hell erscheint, muss man auch von der anderen Seite her beleuchten, und zwar kann dies durch Aufstellung einer zweiten Lichtquelle in *L* oder durch Versilberung der zweiten Endfläche *Q' Q'* bewirkt werden.

3. Durch seitliche Beleuchtung werden die eingeätzten Theilstriche einer längeren Glastheilung als helle Linien auf dunklem Grunde gut sichtbar. Solche Maassstäbe[1]) besitzen für die Ablesung mittels Spiegel und Fernrohr vor den gewöhnlich benutzten weissen Papierscalen mit schwarzen Theilstrichen wesentliche Vorzüge; so ist bei ersteren die Länge der Theilintervalle constanter und die erreichbare Helligkeit um das Mehrfache grösser. Wie bei Anwendung anderer Ablesescalen ist es auch hier vortheilhaft, das Ablesefernrohr nahe dem Ablesespiegel aufzustellen und nahe der hinteren Brennebene des Oculars eine Blende anzubringen, deren Oeffnung mit dem vom Fernrohr erzeugten reellen Bilde des Ablesespiegels genau zusammenfällt; letztere Einrichtung verhindert, dass Lichtstrahlen, die von der Umgebung des Ablesespiegels herrühren und nicht im Ablesespiegel reflectirt sind, ins Auge gelangen und die Deutlichkeit des Scalenbildes beeinträchtigen.

Seitlich beleuchtete Glasmaassstäbe eignen sich ferner zur Bestimmung der Brennweite und zur Prüfung der Oberflächen sphärischer Spiegel. Ist eine solche Theilung im Mittelpunkt eines Hohlspiegels senkrecht zur Spiegelaxe aufgestellt, so entwirft der Hohlspiegel am Orte der Theilung ein Spiegelbild der Theilung. Das Zusammenfallen der gespiegelten und der wirklichen Theilung erkennt man an der Abwesenheit der Parallaxe, sowie an der gleichen Grösse der Theilintervalle,

---

1) Die Firma Fr. Schmidt und Haensch, Berlin S, Stallschreiberstrasse 4 stellt solche Maassstäbe in geeigneter Ausführung und Montirung her, ebenso die im letzten Abschnitt beschriebenen, mit Diamantstrichen versehenen Glasplatten; die Methode der seitlichen Beleuchtung ist zum Patent angemeldet.

wenn man mit blossem Auge oder mit Hülfe einer Lupe in der Richtung nach dem Spiegel hin auf die Theilungen blickt. Zeigen sich bei der gespiegelten Theilung die Theilstriche verwaschen, oder die Intervalle aufgehellt, so besitzt der Hohlspiegel fehlerhafte Oberflächen. In analoger Weise kann man unter Zuhülfenahme einer Sammellinse oder eines Hohlspiegels convexe spiegelnde Flächen untersuchen.

Seitlich beleuchtete Striche auf Glas eignen sich ferner als helle Pointirungsmarken in Fernrohren. Die mechanische Einrichtung solcher Fernrohre ist sehr einfach: durch eine seitliche Oeffnung der Ocularhülse fällt Licht auf die Randfläche einer im Sehfelde angebrachten, mit Diamantstrichen versehenen Glasplatte. Helle Pointirungsmarken müssen bei Anwendung einer Ablesescala mit hellen Theilstrichen im Ablesefernrohr angebracht sein. Wie bei manchen astronomischen Messungen, dürften helle Pointirungsmarken auch bei Beobachtung in dunklen Spectralgebieten von Vortheil sein. Vor anders erzeugten hellen Pointirungsmarken unterscheiden sich die durch seitliche Beleuchtung sichtbaren noch dadurch, dass sie ohne weiteres zur Autocollimation nach Gauss verwandt werden können.

Blitzschlag in das Hauptrohr der Städtischen Wasserleitung in Erfurt; von F. Neesen.

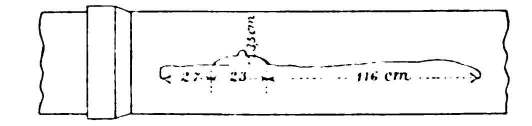
(Vorgetragen in der Sitzung vom 2. Juli 1897.)

(Vgl. oben p. 143.)

Das Thatsächliche bei diesem interessanten Blitzschlag findet sich in folgender ausführlichen Auskunft, welche mir Hr. Stadtbaurath Kickton in Erfurt in der liebenswürdigsten Weise auf meine Anfrage zugehen liess.

„Das Hauptrohr der Erfurter Wasserleitung durchzieht das Thal des Apfelstedt- und Geraflusses zwischen dem Quellengebiet bei Wechmar und dem Hochbehälter der Stadt Erfurt. Am Freitag, den 25. ds. Mts. herrschte in den beiden obengenannten Flussthälern ein heftiges Gewitter mit häufigen und starken Blitzschlägen und es ging am Nachmittage die telegraphische Meldung ein, dass das Wasserleitungsrohr auf dem Gebiete des Dorfes Apfelstedt infolge eines Blitzschlages gebrochen sei. So unglaublich die Meldung klang, so ist sie doch bestätigt gefunden worden. Folgendes ist der Thatbestand: Die Bruchstelle liegt in der Apfelstedt-Dietendorfer Chaussee, ca. 80 m von der Niveaukreuzung mit der Dietendorf-Arnstädter Eisenbahn entfernt, woselbst ein Bahnwärterhaus steht. Der Bahnwärter sagte aus, es wäre nachmittags zwischen 3 und 4 Uhr ein heftiger Blitzschlag erfolgt und er habe dann bemerkt, dass sofort hinterher eine bedeutende Wassermenge aus dem Wasserleitungsrohr herausgequollen und in dem Graben der Chaussee zum Abfluss gelangt sei. Der Blitz sei in eine über dem Wasserleitungsrohr stehende Pappel eingeschlagen und von dieser zum Rohre übergesprungen. In der That quoll das Wasser direct unter einer Pappel von mittlerer Grösse hervor. An dem Baume war nur eine geringe Beschädigung in der Nähe der Wurzel zu bemerken, von der es zweifelhaft war, ob sie vom Blitze herrührte. Nach dem Abschlagen der Pappel war auf der Rinde des Baumes, die keinen Riss aufwies, ein schmaler ca. 2 cm breiter Streifen von bläulicher Farbe erkennbar, von dem die dortigen Bauern

behaupteten, dass er die Spur des Blitzes sei. Weiter ist zu bemerken, dass das 350 mm weite gusseiserne, innen und aussen asphaltirte Rohr eine Deckung von ca. 1,50 m hat und ganz im Grundwasser liegt, das sich mittels zweier Baupumpen nur schwer bewältigen liess. Der Boden besteht aus grobem Kiesgerölle mit einer leichten Mutterbodendecke, die Muffen sind mit Bleidichtung versehen. Nach der Freilegung zeigte das Rohr einen Riss und ein Loch nach untenstehender Skizze. Die eigenthümliche Form des neben dem Risse befindlichen Loches lässt sich nur durch einen heftigen Schlag erklären. Das herausgesprungene Eisenstück ist nicht aufgefunden worden. Sowohl die Form der Beschädigung als auch die Umstände, unter denen sie erfolgt ist, schliessen meines Erachtens jeden Zweifel darüber aus, dass ein Blitzschlag die Ursache gewesen ist.“



Besonderes Interesse hat der Umstand, dass das Hauptrohr an der Einschlagstelle in reichlichem Grundwasser lag. Es ist daher nicht das Grundwasser allein, welches die Entladung aufnimmt. Vielfach findet sich die Angabe, jeder Blitz sucht das Grundwasser auf, aus welchem Satze man folgern könnte und von Nichtphysikern gefolgert wird, dass wenn das Grundwasser erreicht ist, jede weitere Gefahr ausgeschlossen ist. Dass dem nicht so ist, zeigt der obige Fall. Unter Einfluss der Wolkenelectricität wird die Erdoberfläche, das Grundwasser und in demselben liegende Metalltheile geladen, da das Grundwasser, weil kein vollkommener Ruhezustand vorhanden ist, nicht die Ladung in dem von ihm eingeschlossenen Volumen verhinderte. Bei starken Mengen sich entladender Electricität wird übrigens auch die Entladung einer Leidener Flasche nach einem mit einer Wasserschicht überdeckten und selbst abgeleiteten metallischen Teller durch das Wasser bis zum Teller gehen.

Der Blitzschlag ist ferner ein neuer Beweis für die Nothwendigkeit des Anschlusses von Blitzableitern an benachbarte

Gas- oder Wasserleitungen im Interesse der letzteren selbst. Im Falle, dass ein solcher Anschluss fehlt, wird von einer benachbarten Erdplatte eine Entladung sehr leicht zu einem Gas oder Wasserrohr übergehen und dann solche Folgen aufweisen, wie bei diesem Blitzschlag.

Ob die Pappel als Leiter der Entladung bis zum Wasserrohr gedient hat, lässt sich aus den geringen diesbezüglichen Angaben nicht beantworten. Immerhin wird es angezeigt sein, solche Rohre nicht in der Nähe von Bäumen zu verlegen, wenn es eben anders geht.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 16. **Nr. 10.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 22. October 1897.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. **E. Warburg** eröffnete die Sitzung mit folgenden Worten:

Indem ich Sie nach Ablauf der Ferien hier willkommen heisse, habe ich vor Eintritt in die Tagesordnung einige Mittheilungen zu machen.

In die Ferien fiel ein wichtiger Gedenktag der Gesellschaft. Am 23. Juli vor 50 Jahren trug HELMHOLTZ in der Gesellschaft seine Arbeit über die Erhaltung der Kraft vor. Es ist zu bedauern, dass Niemand unter uns jener denkwürdigen Sitzung beiwohnte, um uns ihren Eindruck schildern zu können. Noch mehr, dass HELMHOLTZ selbst nicht mehr unter uns weilt und nicht an dieser Stelle einen Rückblick auf jenen Tag werfen kann. Doch ist er lebendig unter uns durch seine Schriften, welche statt seiner zu uns reden mögen.

Den Schluss der Abhandlung über die Erhaltung der Kraft bilden die Worte: „Der Zweck der Untersuchung, der mich zugleich wegen der hypothetischen Theile derselben entschuldigen mag, war, den Physikern in möglichster Vollständigkeit die theoretische, praktische und heuristische Wichtigkeit dieses Gesetzes darzulegen, dessen vollständige Bestätigung wohl als eine der Hauptaufgaben der nächsten Zukunft der Physik betrachtet werden muss.“ Diese Voraussage ist glänzend eingetroffen.

Zunächst wurden auf dem Gebiet der Wärmelehre, besonders von CLAUSIUS und W. THOMSON, wichtige Folgerungen

aus dem Gesetz gezogen, und seitdem haben die von HELMHOLTZ zuerst dargelegten Methoden der Anwendung des Gesetzes auf allen Gebieten der Physik die reichsten Früchte getragen. Heute gilt schon seit geraumer Zeit das Gesetz zusammen mit dem Gesetz von der Constanz der wägbaren Masse als die Grundlage der exacten Naturwissenschaft.

An anderem Orte sagt HELMHOLTZ, von dem Gesetz redend: „Ich habe bisher immer noch gefunden, dass die Grundbegriffe dieses Gebietes denjenigen Personen, welche nicht durch die Schule der mathematischen Mechanik gegangen sind, bei allem Eifer, aller Intelligenz und selbst bei einem ziemlich hohen Maasse naturwissenschaftlicher Kenntnisse sehr schwer fasslich erscheinen. Auch ist nicht zu verkennen, dass es Abstrakta von ganz eigenthümlicher Art sind. Ist ihr Verständniss doch selbst einem Geiste wie J. KANT nicht ohne Schwierigkeit aufgegangen, wie seine darüber gegen LEIBNITZ geführte Polemik beweist.“

Diese Worte dürften denen gegenüber, welche das Gesetz von der Erhaltung der Energie an die Spitze des physikalischen Unterrichtes stellen wollen, zu beherzigen sein. Ich wenigstens würde ein solches Verfahren für einen grossen Fehler halten, für einen Widerspruch gegen den pädagogischen Grundsatz, nach welchem der Unterricht an Vorstellungen, welche bei dem Schüler sich vorfinden, anzuknüpfen hat. Zu diesen Vorstellungen gehört zweifellos der Begriff der Kraft, so dunkel er auch sein mag, keineswegs der Begriff der Energie. Ich glaube daher, dass in der Mechanik die alte Darstellungsweise, bei welcher man von dem Begriff der Kraft ausgeht und den Begriff der Energie allmählich herausarbeitet, beibehalten werden sollte.

In die Ferien fiel ein zweiter, die Gesellschaft berührender 50jähriger Gedenktag. Am 12. October vor fünfzig Jahren wurde die Firma SIEMENS & HALSKE gegründet. Der Vorstand der Gesellschaft hat aus diesem Anlass an die Firma die folgende Adresse gerichtet:

Der Firma SIEMENS & HALSKE bringt die physikalische Gesellschaft zum heutigen Tage die herzlichsten Glückwünsche dar.

Die Grösse unserer Antheilnahme entspricht den zahlreichen Beziehungen, welche zwischen der Firma und unserer Gesellschaft bestehen. Unser Mitgliederverzeichniss aus dem Jahre 1845 enthält die Namen: Mechanikus Halske und Lieutenant Siemens; beide haben bis zu ihrem Ende der Gesellschaft angehört. Halske bedachte bei seinem Austritt aus der Firma unsere Gesellschaft mit einer grossartigen Schenkung. Vor dreissig Jahren demonstrirte Werner Siemens unseren damaligen Mitgliedern in der Markgrafenstrasse die von ihm eben erfundene Dynamomaschine, die Mutter der Starkstromelektrotechnik.

„Die Technik früherer Zeiten,“ sagt Werner Siemens im Jahre 1886, „war noch keine wissenschaftliche, sondern eine empirische Technik, welche erst vom Geiste der Naturwissenschaften durchdrungen werden musste, um sie von dem Bann des Hergebrachten und Handwerksmässigen zu erlösen und auf die Höhe der wissenschaftlichen Technik zu erheben.“ Wenn in unseren Tagen auf allen Gebieten die Entwickelung der wissenschaftlichen Technik aus der empirischen mehr und mehr sich vollzieht, so ist an diesem gewaltigen Fortschritt die Firma Siemens & Halske in hervorragendstem Maasse betheiligt, welche ihren Betrieb von jeher auf wissenschaftliche Grundlage gestellt hat. Dieser wissenschaftliche Geist der Firma spiegelt sich in dem Verhältniss ihrer Gründer zu unserer Gesellschaft wieder. Möge er ihr allezeit erhalten bleiben.

Berlin, den 12. October 1897.

Der Vorstand
der Physikalischen Gesellschaft
zu Berlin.

Hr. **B. Schwalbe** erhielt darauf das Wort:

Es ist ein eigenthümliches Zusammentreffen, dass die historische Rückerinnerung an die Begründung des Gesetzes von der Erhaltung der Kraft und den grossen Forscher, der vor fünfzig Jahren dieselbe veröffentlichte, an dem Tage stattfindet, an welchem der Vertreter der Verlagsbuchhandlung, die damals die Publication ermöglichte, zur letzten Ruhe in Jena bestattet wird. Hr.

Ernst Reimer

hat der physikalischen Gesellschaft eine lange Reihe von Jahren durch den Verlag der Fortschritte nahe gestanden und die Herausgabe in grösster Uneigennützigkeit so lange, wie es die Umstände gestatteten, beibehalten. In früherer Zeit war das Verhältniss zwischen dem Verleger, der physikalischen Gesellschaft und dem Redacteur ein mehr patriarchalisches; so bestand zwischen letzterem und den beiden ersten nicht einmal ein Contract und die ganze Herausgabe des Werkes war in einer mehr freundschaftlichen als geschäftlichen Weise geordnet.

Die mancherlei Fährlichkeiten, denen die Fortschritte ausgesetzt waren, half der Verleger Hr. E. Reimer mit stets bereiter Opferwilligkeit überwinden und die Erweiterung der physikalischen Gesellschaft, die eine deutsche hätte werden sollen, und das schnellere Erscheinen der Bände veranlassten, die Fortschritte einer Buchhandlung zu übergeben, die er selbst der Gesellschaft empfahl; trotzdem erlosch sein Interesse für das Unternehmen, das von Anfang an im Verlage des in ruhiger, aber in vornehmer Weise geführten Geschäftes erschien, nicht. Er verpflichtete sich noch das Register der letzten 23 Bände (von den ersten 20 Bänden war bereits ein solches erschienen) zu übernehmen und sein Nach-

folger hat, als im vorigen Jahre Hr. Reimer ihm seinen Verlag übergab, die grosse Verpflichtung dasselbe zu vollenden, auf sich genommen. Das Werk ist jetzt erschienen und gewissermaassen das letzte Vermächtniss des Verstorbenen an die Gesellschaft, und damit ist die historische Darstellung der Entwickelung der physikalischen Wissenschaft für die Periode, auf welche sich die Fortschritte beziehen, also seit 1845 wesentlich erleichtert.

Hr. Ernst Reimer war 1833 geboren und wurde 1865 Prokurist, 1876 Theilhaber an der Verlagsbuchhandlung, die aus der alten Realschulbuchhandlung 1749 von Häcker begründet, hervorgegangen war. Seit 1884 war er Alleinbesitzer und so ist der grösste Theil der Bände unter seiner Mitwirkung entstanden. Er starb am 19. October d. J. zu Jena.

Die Zeiten haben sich geändert, anstatt der engen nur durch gegenseitiges Vertrauen getragenen Beziehung zwischen Verlag, Gesellschaft und Redaction, musste ein fixirtes contractliches Verhältniss treten, aber auch jetzt wird die Gesellschaft des alten Verlages in treuer Erinnerung gedenken und dem letzten Vertreter Ernst Reimer ein ehrendes Andenken bewahren.

In diesem Sinne bitte ich Sie, meine Herren, sich von Ihren Plätzen zur Erinnerung an den Dahingeschiedenen zu erheben.

Hr. **H. Rubens** demonstrirt darauf

eine neue Thermosäule

und bringt dann, nach gemeinsam mit Hrn **E. Aschkinass** ausgeführten Versuchen

einen Beitrag zur Kenntniss der Absorption ultrarother Strahlen in der Atmosphäre.

Hr. **W. Kaufmann** spricht ebenfalls nach gemeinschaftlich mit Hrn. **E. Aschkinass** ausgeführten Versuchen

über electrostatische Ablenkung (Deflexion) der Kathodenstrahlen.

Hr. **W. Kaufmann** legt endlich eine Mittheilung des Hrn. **Th. Des Coudres** vor, betreffend

Electrodynamisches über Kathodenstrahlen.

Electrodynamisches über Kathodenstrahlen;
von Th. Des Coudres.

(Aus dem Institute für physik. Chemie zu Göttingen.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 22. October 1897.)

(Vgl. oben p. 156.)

Nachfolgende Figuren dienten bei einer Mittheilung auf der Frankfurter Naturforscherversammlung 1896 als Beleg für einige allgemeine Behauptungen, über die schon an anderem Orte[1]) berichtet worden ist. Von Veröffentlichung der damals vorgetragenen Einzelheiten wurde seiner Zeit Abstand ge-

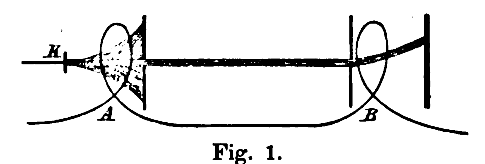


Fig. 1.

nommen in der Hoffnung, die unbefriedigende Aufzählung von blossen Projecten und vorläufigen Versuchsresultaten in Kürze durch eine systematischere Arbeit über Kathodenstrahlenelectrodynamik ersetzen zu können. Die Hoffnung ist nicht in Erfüllung gegangen. Es wurde mit den Experimenten zunächst eine andere Richtung eingeschlagen[2]) und der Abweg dann weiter verfolgt, als das Ausgangs- und Zielproblem die Geschwindigkeitsfrage[3]) inzwischen von anderer Seite[4]) erfolgreich in Angriff genommen war. Veranlassung zu nachträglicher Veröffentlichung der alten Schemata sind die Mittheilungen K. E. F. Schmidt's „Ueber die Ablenkung der Kathodenstrahlen

---

1) Verh. der Naturf.-Vers. zu Frankfurt 1896. **2.** p. 69; 1897.

2) Wied. Ann. **32** p. 134. 1897.

3) Diese Verh. **14.** p. 86. 1895.

4) E. Wiechert, Sitzungsber. der physik.-ökonom. Ges. zu Königsberg in Pr. Sitz. v. 7. Jan. 1897.

durch electrische Schwingungen."[1]) Auf Grund eines Referates in den Beiblättern[2]), über die ersten Anfänge meiner Versuche betont SCHMIDT selbst die Aehnlichkeit der beiderseits behandelten Fragen. In der That dürften unsere unabhängig von einander gemachten Erfahrungen einiges Licht auf einander werfen.

Der Plan für die Geschwindigkeitsmessung (Fig. 1) ist ersichtlicher Weise dem FIZEAU'schen Zahnradexperimente zu Ermittelung der Lichtgeschwindigkeit nachgebildet.[3]) Die Erzeugung der Kathodenstrahlen bei *K* hätte in continuirlicher Weise zu geschehen etwa durch eine Hochspannungsbatterie. Die Drahtschleifen *A* und *B* werden vom oscillatorischen Entladungsstrome eines Condensators durchflossen. Die Schleife *A* breitet dann das Kathodenstrahlbündel in einen Fächer aus und nur die im Momente der Stromumkehr austretenden

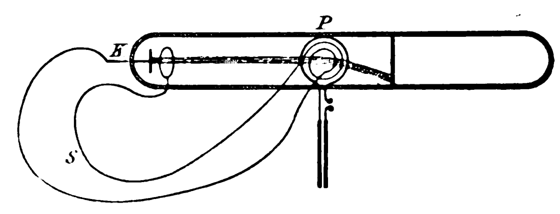


Fig. 2.

Strahlen können durch das erste Diaphragma gelangen. Der Sinn ihrer Ablenkung durch das Drahtstück *B* gestattet einen Schluss auf die zum Durchlaufen der Strecke *A B* von den Kathodenstrahlen gebrauchten Zeit, sofern der zeitliche Verlauf der electrischen Schwingungen bekannt und von genügend hoher Wechselzahl ist.

Wirklich durchgeführte Versuche nach der einfacheren Anordnung (Fig. 2) mit kohärenter Erzeugungsweise durch den secundären Kreis *S* und Ablenkungsweise durch die primäre Entladungsschleife *P* sollten zunächst über Bildungszeit und Bildungsdauer der Kathodenstrahlen orientiren. Wegen der unerwartet scharf einseitigen Strahlablenkungen erlaubten sie

---

1) Abh. der Naturf.-Ges. zu Halle **21.** p. 164 u. 174. 1897.

2) Beibl. zu Wied. Ann. **21.** p. 648. 1897.

3) Vgl. die Ueberlegungen, Verh. der Naturf.-Ges. zu Nürnberg 1893. **2.** (1) p. 67. 1894.

durch Variiren der Strecke KP zugleich die einfache Demonstration, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Strahlen jedenfalls viel grösser sein muss als frühere Experimente [1]) hatten annehmen lassen. [2])

Alle folgenden Beobachtungen sind mit der in diesen Verhandlungen (l. c.) beschriebenen kleinen TESLA-FEDDERSEN'schen Anordnung ausgeführt worden. Wird in einem Rohre nach Art von (Fig. 3) die Plattenelectrode K mit dem einen Pole der Secundärspule des Apparates verbunden, so biegen

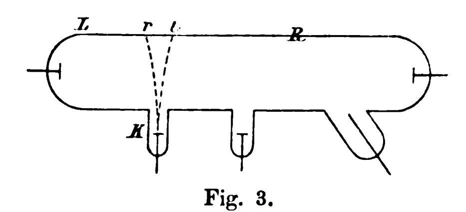


Fig. 3.

die Kathodenstrahlen nach *l* oder *r* um, je nachdem die andere Electrode links oder rechts von K auf der Seite L oder R, sonst aber ganz beliebig gelegen ist.

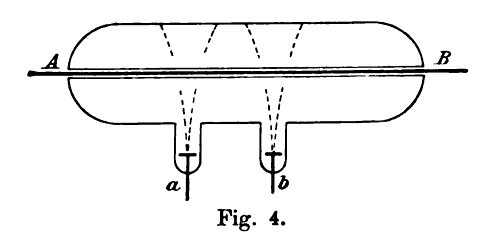


Fig. 4.

Fig. 4 zeigt, dass derartige Ablenkungen auch erzeugt werden können durch das magnetische Feld rechtwinkelig zu den Kathodenstrahlen im Rohr verlaufender Stromfäden. Wenn der Primärstrom den isolirt durch das Vacuumrohr geführten Draht AB in der einen oder anderen Richtung

---

1) J. J. THOMSON, Phil. Mag. (5) **38**. p. 358. 1894; siehe aber auch GOLDSTEIN, Wied. Ann. **12**. p. 90. 1880.

2) Die weiteren Fortschritte WIECHERT's vgl. l. c. Ueber die definitive Lösung hat er jüngst auf der Braunschweiger Naturforscherversammlung berichtet.

durchfliesst, tritt je nach der Richtung starke Convergenz oder Divergenz der vom Secundärstrom bei *a* und *b* erzeugten Strahlen ein, während die Kathodenstrahlen bei stromlosem *A B* parallel oder schwach divergent sind.

Können Kathodenstrahlen durch das magnetische Feld des sie erzeugenden Stromes selbst abgelenkt werden? Bestehen Magnetkraftlinien zur selben Zeit wie die Kathodenstrahlen? Diese Fragen werden durch die experimentellen Ergebnisse (Fig. 5) mit ja beantwortet. Die Versuche gelangen mit den Schwingungen des primären Kreises. Bei der Anordnung *c*

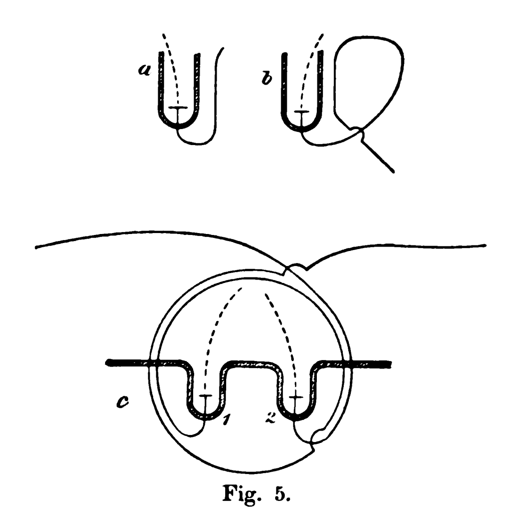


Fig. 5.

fielen Aussehen und Ablenkungsgrad der beiden Strahlen 1 und 2 ungleich aus. Es mag wegen der Dämpfung der Oscillationen weder die Ablenkbarkeit der Strahlen 1 und 2 die gleiche sein, noch mag zu den Zeiten des Bestehens jedes der beiden Strahlen dieselbe magnetische Feldstärke herrschen.

Die Skizzen (Fig. 6) sollen folgenden Versuch veranschaulichen. Die Kathodenstrahlen werden bei *k* vom secundären Kreise erzeugt. Seitlich in das Vacuumrohr ist das zweimal rechtwinkelig umgebogene blanke Drahtstück *o p q* eingeführt, sodass *p* den Kathodenstrahlen parallel liegt. Im isolirten Zustande wirft der Drahtbügel dann auf den phosphorescenzfähigen Schirm *S* einen schmalen geradlinigen Schatten *a*.

Wird dagegen durch *opq* der Primärstrom geschickt, so bekommt man auf dem Schirme je nach der Stromrichtung die Figuren *b* und *c* oder *d* und *e*. In *b* erscheint am Ende *p* ein die Umgebung an Helligkeit übertreffendes Sternchen, in *d* ein dunkler Kreis mit hellem Saume. Solche Bilder waren als Wirkung der Magnetkraftlinienringe um *p* im Voraus zu

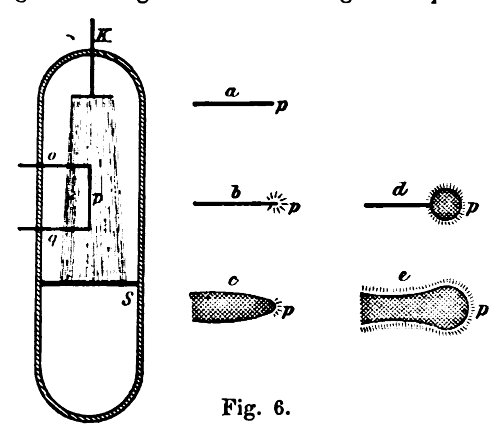


Fig. 6.

erwarten. In *c* und *e* lagert sich über beide Erscheinungen noch eine Art Deflexionsverbreiterung (Dunkelfläche GOLDSTEIN's)

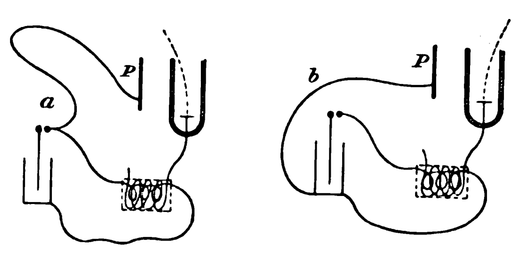


Fig. 7.

des Schattens von *o* und *q*. Conturen der letzteren Art entstehen bei grossen Primärfunken, während *b* und *d* bei kleinen Primärfunken erhalten werden.

Das Experiment (Fig. 7) diente als Vertreter derjenigen Fälle, in denen es mir noch unentschieden erscheint, ob electrostatische Wirkung oder Wirkung des magnetischen Feldes von Leitungs- und Verschiebungsströmen oder aber eine etwaige specifische Wirkung der Verschiebungsströme vorliegt. Die

Messingplatte P wurde mit dem einen oder anderen Ende der Primärkreisleitung verbunden. Es trat dann Anziehung (a) oder Abstossung (b) der vom secundären Kreise erzeugten Kathodenstrahlen ein und zwar bereits auf viele Centimeter Entfernung.

Zur Demonstration der Abhängigkeit des Charakters der Kathodenstrahlen von der Geschwindigkeit des Potentialanstieges an den Electroden legt man in die Nähe des Rohres einen kleinen Stahlmagneten und verkleinert mit einer Mikrometerschraube stetig die Primärfunkenstrecke. Die Strahlkrümmung nimmt dabei fortwährend zu, ebenso die Sichtbarkeit der Strahlen im Gase. Einwandsfreier noch ist es, der Primärkreis wird ganz unverändert gelassen und man entfernt die Secundärspule in der Weise, wie beim Du Bois'schen Schlittenapparate allmählich von der Bandspirale.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 16. Nr. 11.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 5. November 1897.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. **E. Warburg** widmet dem Andenken des jüngst verstorbenen Herrn

L. Sohncke,

Professor der Physik an der Technischen Hochschule in München,

einen Nachruf.

Hr. **M. Thiesen** spricht

über die kritischen Daten.

Hr. **W. Kaufmann** demonstrirt darauf

eine Quecksilberluftpumpe.

Sitzung vom 19. November 1897.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. F. Kohlrausch legt eine Arbeit von Hrn. **W. Wien** vor:

über die electrostatischen Eigenschaften der Kathodenstrahlen.

Hr. E. Warburg verliest eine zusätzliche Bemerkung von Hrn. **F. F. Martens** zu seiner am 2. Juli dieses Jahres gemachten Mittheilung

über eine Methode, Marken und Theilstriche auf Glas hell auf dunklem Grunde sichtbar zu machen.

Hr. **A. Blümel** spricht dann

über electrische Entladungsfiguren auf photographischen Platten.

Sitzung vom 3. December 1897.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. **H. W. Vogel** berichtet

über einige Beobachtungen an farbigen Interferenzphotographien.

Hr. **W. von Bezold** spricht darauf in einem längeren Vortrage

über electrische Figuren.



Die electrostatischen Eigenschaften der Kathodenstrahlen; von Willy Wien.

(Eingegangen am 10. Nov. 1897, vorgelegt in der Sitzung vom 19. Nov. 1897.)
(Vgl. oben p. 163.)

Bekanntlich stehen sich zwei Meinungen über die Natur der Kathodenstrahlen gegenüber. Die ältere, besonders von den englischen Physikern angenommene, betrachtet sie als negativ geladene Theilchen. Die zweite ist mehr durch die deutschen Physiker, namentlich Goldstein, E. Wiedemann, Hertz und Lenard vertreten und sieht in den Kathodenstrahlen Vorgänge im Aether. Besonders durch die Arbeiten der letzteren und das von ihnen gefundene Hindurchdringen der Kathodenstrahlen durch luftdicht schliessende metallische Platten war die letzte Theorie zur allgemeinen Anerkennung gelangt, da diese Thatsache mit der Annahme geladener Theilchen schwer vereinbar schien.

Die Theorie der geladenen Theilchen ist nun neuerdings von E. Wiechert[1]) wieder aufgenommen und durch die Annahme verändert worden, dass es sich nicht um die gewöhnlichen Gasmolecüle, sondern um andere, wahrscheinlich kleinere Elementarquanta handeln möge, die unabhängig von der chemischen Natur bestehen. Dieser Ansicht hat sich auch J. J. Thomson[2]) angeschlossen. Um zwischen diesen Theorien zu entscheiden, unternahm ich es zu untersuchen, ob die durch das Lenard'sche Fenster hindurchgegangenen Kathodenstrahlen noch electrische Ladungen erzeugen oder nicht.

Wenn die Kathodenstrahlen Vorgänge im Aether sind, können sie keine Ladungen erzeugen, denn welcher Art man sich diese Zustände auch denken möge, so haben wir doch zunächst an der allgemeinen Anschauung festzuhalten, dass das electrische Quantum nur in Verbindung mit einem pon-

1) E. Wiechert, Abhandl. d. Phys. Oecon. Gesellsch. zu Königsberg April 1896 u. Januar 1897.

2) J. J. Thomson, Phil. Mag. Oct. 1897.

derabeln Träger vorkommen kann und dass es nicht durch Vorgänge im Aether erzeugt oder vernichtet wird.

Dass die Kathodenstrahlen Ladungen mit sich führen, hat schon Hertz in seiner bekannten Arbeit über die Glimmentladung beobachtet und neuerdings haben Perrin[1]) und J. J. Thomson (in der bereits erwähnten Abhandlung) diese Ladungen im Innern des Rohres festgestellt durch Methoden, die sich nicht im wesentlichen von der Hertz'schen Anordnung unterscheiden.

Hertz behauptet nun, dass diese Ladungen secundärer Natur sind und in der That könnte durch die Steigerung der Leitfähigkeit auf der Bahn der Kathodenstrahlen, die schon Hittorf kannte, negative Electricität von der Kathode aus an die getroffenen Stellen gelangen. Die Schlussfolgerung von Hertz, dass die Kathodenstrahlen mit diesen Ladungen nichts zu thun haben, weil sie die Ladung nur bis zu einer gewissen Grenze steigern, die beim Hinzukommen weiterer Kathodenstrahlen nicht überschritten wird, ist aber auch nicht einwandsfrei, weil eben die gesteigerte Leitfähigkeit nur Potentiale bis zu einer bestimmten Grenze anwachsen lässt.

So kann denn diese Frage nur entschieden werden, wenn man nachweist, dass die aus dem Lenard'schen metallischen Fenster in einen, electrischen Einflüssen entzogenen Raum, eintretenden Kathodenstrahlen Ladungen erzeugen. Ein Versuch Lenard's ergab ein negatives Ergebniss. Aber auch hier konnte die durch Kathodenstrahlen geschaffene Leitfähigkeit das Zustandekommen bemerkbarer Ladungen verhindern.

Eine Arbeit von McClelland[2]) verfolgt scheinbar ähnliche Ziele. Aber Fragestellung, Anordnung der Versuche und Deutung der Ergebnisse sind von der meinigen in wesentlichen Punkten verschieden. McClelland benutzt ein Fenster von geölter Seide. Er schliesst die Ladung auf der Aussenseite des Fensters nicht nur nicht aus, sondern hält sie für die Ursache der auf der Aussenseite des Fensters auftretenden Kathodenstrahlen. Bei seiner Anordnung ist es sicher, dass sich das Fenster stark negativ laden muss und dann könnte die durch die Kathodenstrahlen leitend gemachte Luft die negative Ladung

1) Perrin, Compt. rend. **121.** pag. 1130. 1895.
2) McClelland, Proc. Roy. Soc. **61.** pag. 227. 1897.



auf den Empfänger tragen und den Ausschlag am Electrometer veranlassen. Dasselbe gilt von der Anordnung, wo die Kathodenstrahlen eine im Innern der Röhre angebrachtes Stück Aluminiumfolie durchdringen.

Es muss hier noch ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die Meinung, die durch das Fenster hindurchgegangenen Kathodenstrahlen entständen dadurch, dass das Fenster zur Kathode wird, durchaus unhaltbar ist. LENARD hat schon darauf aufmerksam gemacht, dass in Luft von Atmosphärendruck niemals Kathodenstrahlen entstehen, wenn man ein Metall noch so stark negativ ladet, sondern dass sie nur an einem dünnen Metallblatt entstehen, das an der Rückseite von Kathodenstrahlen getroffen wird. Ausserdem treten um so mehr Kathodenstrahlen aus, je dünner das Blatt ist, sodass wir es sicher mit einer Absorptionserscheinung zu thun haben.

Die Kathodenstrahlen gehen auch ganz ebenso durch das Metallblatt, wenn man es zur Anode macht, wo vom Entstehen einer neuen Kathode nicht die Rede sein kann.

Die Leitfähigkeit des von Kathodenstrahlen durchzogenen Raumes war nach Analogie der RÖNTGEN'schen Beobachtungen über den Einfluss der X-Strahlen (in der zweiten Mittheilung über X-Strahlen) und nach den Versuchen von DES COUDRES der Luft zuzuschreiben und es erschien daher nothwendig, in dem Raum, in welchen die Kathodenstrahlen eindrangen und Ladungen erzeugen sollten, die Luft zu beseitigen.

Die Versuchsanordnung war demgemäss folgende:

Die LENARD'sche Anordnung ist fast genau beibehalten und braucht daher nicht näher beschrieben zu werden. Nur die Entladungsröhre habe ich etwas verändert. Anstatt der grossen Anode wählte ich einen kleinen Aluminiumdraht, um die Metallflächen zu verringern, die nur schwer von Gas zu befreien sind. Die Kathode ragte nicht frei in die Röhre, sondern lag in einer, nur um weniges weiteren Glasröhre. Ich hatte mich durch Stromverzweigung überzeugt, dass eine so eingeschlossene Kathode bei derselben Luftverdünnung viel grösseren Widerstand hat als eine frei in das Rohr ragende. Man braucht bei der ersteren zur Herstellung des für wirksame Kathodenstrahlen nothwendigen Potentials nicht so grosse

Verdünnungen. Die Entladungsröhre wurde auch hier durch eine Geissler'sche, der Beobachtungsraum durch eine Raps'sche Pumpe bedient.

Um nun die electrischen Störungen im äusseren Raum vollkommen auszuschliessen, wurde der Inductionsapparat, Accumulatoren und Entladungsröhre, in einen grossen, mit Zinkblech belegten Kasten gestellt, der zur Erde abgeleitet war. Die Röhren zur Luftpumpe waren an eine mit dem Kasten verlöthete Metallröhre beiderseits angekittet und in die Metallröhre überdies ein Drahtnetz gespannt. Oben aus dem Kasten ragte die das Fenster tragende Platinröhre, durch Stanniol allerseits mit dem Kasten leitend verbunden. So war der Kasten vollständig metallisch abgeschlossen und es konnten keine electrischen Kräfte nach aussen gelangen.

Thatsächlich konnten auch im Innern die stärksten electrischen Bewegungen hervorgerufen werden, ohne dass aussen irgend eine electrische Störung bemerkbar wurde. Die Entladungen in der Verbindungsröhre, die sich sonst gewöhnlich bis in die Pumpe fortsetzen, endeten hier immer an der Metallwand.

War nun dem Fenster eine Electrode in etwa 5 cm Entfernung gegenübergestellt, die mit einem Quadrantelectrometer verbunden war, so fand, wenn die Kathodenstrahlen aus dem Fenster drangen, eine Ablenkung um 5—8 mm statt, eine negative Ladung anzeigend. Das Electrometer gab etwa 30 mm für 1 Volt. Wurden die Kathodenstrahlen in der Entladungsröhre vom Fenster durch einen Magnet abgelenkt, so hörte jede Wirkung auf.

Wurde nun der Raum um die Electrode leergepumpt, so wurde die Wirkung stärker, und wenn das Vacuum Röntgenstrahlen gab, so genügte eine Unterbrechung des Ruhmkorff, um das Electrometer über die sichtbare Scala hinauszutreiben.

Zur näheren Untersuchung dieser Ladung wurden in das Beobachtungsrohr drei Electroden geschmolzen; *a* und *b* sind genau symmetrisch, 5 cm lange, 0,5 cm breite Aluminiumstreifen, *c* ist ein dünner Platindraht. An *b* war ein Stückchen Aluminiumfolie angehängt, sodass ein kleiner Zwischenraum übrig blieb. In Luft gaben *a* und *b* dasselbe, *c* nichts. Im

Vacuum gab *b* etwa fünfzigmal soviel als *a*, *c* ebenfalls mehr als *a*. Dies liegt offenbar an der Reflexion der Kathodenstrahlen, die an *a* und *b* wegen streifender Incidenz gross ist, während an *b* das Aluminiumblättchen einen grossen Theil auffängt.

Auch hier hörte jede Wirkung auf, wenn die Kathodenstrahlen vom Fenster in der Entladungsröhre abgelenkt wurden.

Durch diese Versuche ist nachgewiesen, dass die Kathodenstrahlen, welche das zur Erde abgeleitete

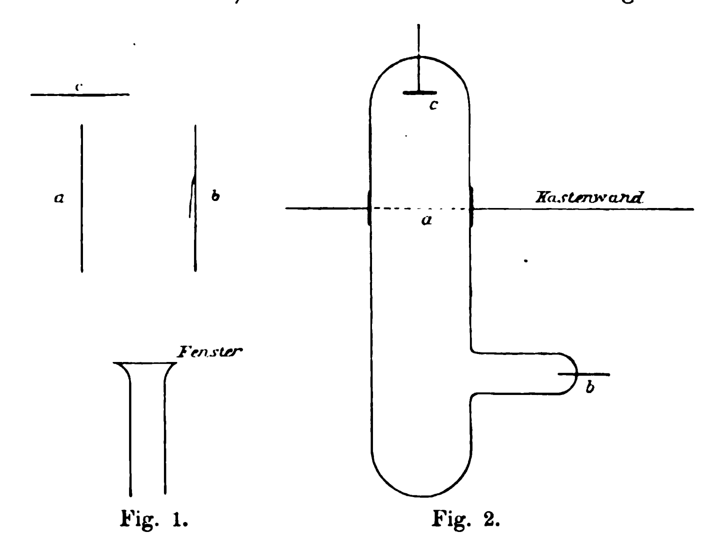


Fig. 1. Fig. 2.

Fenster durchdringen, sehr starke negative Ladungen mit sich führen.

Auf die quantitativen Angaben ist kein allzu grosser Werth zu legen, weil das Leitungsvermögen des Beobachtungsraumes nicht ganz fortzubringen war. Selbst wenn die Pumpe an der Grenze der Leistungsfähigkeit angelangt war, wurde das Vacuum durch längeres Einwirken der Kathodenstrahlen doch wieder leitend. Es war nicht zu vermeiden, dass der das Fenster tragende Kitt etwas Gas abgab.

Ich beabsichtige die Versuche unter Vermeidung jedes Kittes zu wiederholen und hoffe dann durch Herstellung des äussersten erreichbaren Vacuums jede Leitfähigkeit auszuschliessen.

Bei dieser Anordnung hoffe ich auch die Frage entscheiden zu können, ob die Kathodenstrahlen electrostatisch abgelenkt werden und zwar durch rein statische Kräfte, während bei den bisherigen Versuchen rein electrostatische Kräfte eben wegen der Leitungsfähigkeit des luftverdünnten Raumes nicht bestehen konnten.

Nachdem die negative Ladung der Kathodenstrahlen bewiesen war, schien mir der Gedanke naheliegend, die von Goldstein beobachteten, durch den Magneten nicht ablenkbaren Kanalstrahlen, die sich rückwärts durch eine durchlöcherte Kathode fortpflanzen, möchten die positive Ladung tragen. Dieser Versuch liess sich nicht in der Weise ausführen, wie der vorige, weil ich trotz längerer Bemühung keine Substanz finden konnte, durch die die Kanalstrahlen hindurchgehen.

Ich habe daher folgende Anordnung getroffen:

Ein feines Drahtnetz *a* war mit einem Messingring verlöthet, der mit dem Kasten metallisch verbunden war. Ausserhalb des Kastens war die die Electrode *c* tragende Glasröhre eingekittet, innerhalb die Röhre mit der Anode *b*. Machte ich dann *a* zur Kathode, so traten nach *c* hin reine Kanalstrahlen aus dem Drahtnetz.

Nur bei starker Verdünnung kamen noch bemerkbare Kathodenstrahlen hinzu. Die Ladung von *c* war dann immer positiv, auch bei grossen Drucken, wenn die Kanalstrahlen noch nicht sichtbar geworden waren und eben nur das schwächste Glimmlicht die Kathode bedeckte. Bei allen Versuchen wurde eine Funkenstrecke von etwa 2 cm eingeschaltet, um nur Ströme einer Richtung zu haben.

Wurde das Drahtnetz mit Papier, Glimmer oder Metall bedeckt, so hörte jede Spur einer Wirkung auf, während sonst die Ladung bei nicht zu kleiner Verdünnung so gross war, dass der geringste Impuls das Electrometer über die Scala hinaustrieb.

Annäherung des Magneten an die Bahn der Kanalstrahlen änderte nichts an der Ladung, solange der Magnet nicht die Entladung selbst beeinflusste.

Wurde in die Röhre zwischen der Anode und dem Drahtnetz noch eine zweite durchlöcherte Platte angebracht und

diese zur Kathode gemacht, so traten oben aus dem Gitter Kanalstrahlen mit Kathodenstrahlen untermischt heraus. Bei grösseren Drucken waren die Kathodenstrahlen überwiegend, alsdann ergab sich negative Ladung, die durch Annäherung des Magneten stark beeinflusst werden konnte, namentlich wenn ein Diaphragma aus Glimmer in den Weg der Kathodenstrahlen gestellt war.

Bei geringeren Drucken waren mehr Kanalstrahlen vorhanden. Dann war die Ladung positiv. Dazwischen gab es einen Grad der Verdünnung, wo die Ladung durch Ueberwiegen der Kathodenstrahlen negativ war, durch Annäherung eines Magneten aber positiv wurde, weil die Kathodenstrahlen zur Seite gedrängt wurden.

Auch hier hörte durch Einschalten einer Glimmerplatte jede Wirkung auf. Bei den Kanalstrahlen habe ich eine bestimmte Abhängigkeit der Ladung vom Einfallswinkel nicht sicher nachweisen können, was bei dem diffusen Charakter dieser Strahlen nicht auffallend ist.

So kann es denn nicht mehr zweifelhaft sein, dass wir in den Kathodenstrahlen geladene Theilchen vor uns haben, wobei ein wesentlicher Unterschied zwischen den positiven und negativen zu Tage tritt. Da die positiven Theilchen vom Magneten nicht abgelenkt werden, müssen sie entweder eine sehr viel grössere Geschwindigkeit besitzen als die negativen, oder grössere Masse im Vergleich zur Ladung haben. Das letztere wird am wahrscheinlichsten sein. Dass die negativen Theilchen durch eine Aluminiumplatte fliegen, ohne eine nennenswerthe Einbusse an Geschwindigkeit zu erleiden, wie die im wesentlichen unveränderte Ablenkung durch den Magneten beweist, spricht dafür, dass wir es nicht mit den gewöhnlichen chemischen Molekeln zu thun haben.

Nachtrag bei der Correctur (1. Dezember 1897).

Es ist mir inzwischen gelungen, die electrostatische Ablenkung der aus dem Lenard'schen Fenster heraustretenden Kathodenstrahlen nachzuweisen. Die bisherigen Beobachtungen im Innern der Körper (Jaumann, J. J. Thomson) sind nicht vollkommen überzeugend, weil es sich dort um die Uebereinanderlegung verwickelter Erscheinungen handelt.

Die Kathodenstrahlen gingen zwischen 4 cm langen Electroden hindurch, fielen auf ein 5 mm breites Platinblech, von dem sie auf die 4 cm dahinter befindliche Glaswand einen scharfen Schatten warfen.

Wurden die Electroden abwechselnd mit den Polen eines Hochspannungsaccumulators von 2400 Volt verbunden, so ergab sich im äussersten Vacuum, wenn die RAPS'sche Pumpe zu wirken aufhörte, eine Ablenkung von 5 mm, indem die Kathodenstrahlen von der negativen Electrode abgestossen wurden. Das Feld, welches der Accumulator erzeugte, war vollkommen statisch, denn ein in den Stromkreis geschaltetes Galvanometer gab nicht den geringsten Ausschlag. Wurde das Vacuum noch verbessert, indem eine grosse Kugel, die mit der Röhre verbunden war und alles übrige an Rauminhalt übertraf, durch feste Kohlensäure auf — 80° abgekühlt wurde, so ergab sich doch keine bemerkbare Vergrösserung der Ablenkung. Es scheint daher die Leitungsfähigkeit keinen Einfluss mehr gehabt zu haben.

Eine ungefähre Messung ergab, dass die electrostatische Ablenkung durch ein magnetisches Feld gleicher Ausdehnung von 30 C.G.S. compensirt wurde. Die Electroden waren 22 mm voneinander entfernt. Die electrostatische Kraft betrug also 109 Volt für den Millimeter. Hieraus würde sich eine Geschwindigkeit von ungefähr ein Drittel der Lichtgeschwindigkeit ergeben.

Bemerkung zu meiner Methode, Marken und Theilstriche auf Glas hell auf dunklem Grunde sichtbar zu machen; von F. F. Martens.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 19. November 1897.)

(Vgl. oben p. 164.)

Die Herren Ludewig und Bewersdorf, Leiter der Firma Carl Bamberg, sowie Hr. Dr. Czapski haben mich freundlicher Weise darauf aufmerksam gemacht, dass Hr. V. Wellmann schon 1891 [1]) genau dieselbe Methode veröffentlicht hat, welche ich kürzlich in den Verhandlungen der Gesellschaft [2]) unter dem Titel beschrieben habe: „Eine Methode, Marken und Theilstriche auf Glas hell auf dunklem Grunde sichtbar zu machen."

In der That sagt Hr. V. Wellmann in seiner oben citirten Abhandlung: „Seitlich ragt die eine hohe Kante einer mit Diamantstrichen versehenen, in der Bildebene des Fernrohres befindlichen Glasplatte aus dem Ocularrohr und der Führung hervor und wird hier durch eine Lampe erleuchtet. Die in die Platte eintretenden Lichtstrahlen können infolge totaler Reflexionen nur an den geritzten Stellen austreten und lassen dieselben also als hell auf dunklem Grunde erscheinen."

Hr. Wellmann scheint die Methode der seitlichen Beleuchtung nur zur Beleuchtung von Pointirungsmarken in Ocularen angewandt zu haben, nicht zur Beleuchtung der Theilstriche einer längeren Glastheilung.

1) V. Wellmann, Ueber eine neue Form des Ring- und Rautenmikrometers. Astron. Nachr. **127**. Nr. 3040. p. 266—270.

2) F. F. Martens, Verhandl. d. physik. Gesellsch. zu Berlin, **16.** p. 144. 2. Juli 1897.

Ueber electrische Entladungen auf photographischen Platten; von A. Blümel.

(Vorgetragen am 19. November 1897.)

(Vgl. oben p. 164.)

Nachdem der Vortragende gezeigt, dass man sich eine negative Entladungsfigur auf einer photographischen Platte, wie sie schon im Jahre 1888 von Brown und anderen beschrieben ist, in ihren Hauptlinien entstanden denken muss durch die Lichtwirkung, welche glühende, vom negativen Pol losgerissene Metalltheilchen, die in einiger Entfernung von der Platte, etwa auf der der Gelatine anhaftenden Gasschicht hingleiten, ausüben, zeigt er durch Staubfiguren, dass die palmblattartigen Bildungen durch die bei der Explosion dieser Theilchen fortgeschleuderten Lufttheilchen, also durch eine mechanische Wirkung, entstanden sind.

Sowohl Inductionsfiguren auf photographischen Platten, als auch Staubfiguren, die er dann vorzeigt, lassen eine deutliche Abhängigkeit der entstandenen Bildungen von der negativen Electrode, bez. der negativen Entladungsfigur, nicht von der positiven erkennen, indem alle Bildungen auf der dem positiven Pol zugewandten Platte ihren Ursprung und ihre Ursache in den an dem negativen Pol entstandenen Lichtbildungen haben.

Da auch, wenn die beiden Drähte an einer senkrecht aufgestellten Platte sich gegenüberstehen, die positive Entladungsfigur genau mit der negativen auf der anderen Seite übereinstimmt, kommt er zum Schluss, dass die positive Entladungsfigur als eine Inductionsfigur zu betrachten sei und dass, da auch sie nur abhängig ist von der Form der negativen Electrode, bez. der negativen Entladungsfigur, nicht umgekehrt man den Satz aufstellen kann, dass die electrischen Wellen bei einer Entladung an der negativen Electrode ihren Ursprung nehmen.

Unter Benutzung dieser durch Versuche bewiesenen Behauptung, erklärt er alle Unterschiede der beiden Entladungsfiguren, und giebt einen Beitrag zur Erklärung des Coherers. Da jedoch alle diese Schlüsse nur unter Betrachtung der vorgezeigten Platten controllirt werden können, so wird die ganze Arbeit in ausführlicher Weise mit Beigabe der nothwendigen Tafeln als wissenschaftliche Beilage zum Osterprogramm der VII. Realschule zu Berlin gesondert erscheinen.

Beobachtungen an farbigen Interferenzphotographien; von H. W. Vogel.

(Vorgetragen am 3. December 1897.)

(Vgl. oben p. 164.)

Das Problem der Photographie in natürlichen Farben kann jetzt als gelöst betrachtet werden. Zwei Wege sind zur Durchführung desselben eingeschlagen worden. 1. Der directe, welcher die unmittelbare Aufnahme farbiger Objecte in naturähnlichen Farben anstrebt. 2. Der indirecte, bei welchem drei Negative durch gelbe, rothe und blaue Strahlenfilter erhalten werden, welche den Eindruck der rothen, gelben und blauen Strahlen des Originals wiedergeben — jedoch in schwarz — und die auf präparirte Stein- oder Zinkplatten copirt, Stein- oder Zinkdruckplatten liefern, die mit der passenden Farbe eingewalzt, Abdrücke nach Art des Farbendruckes auf Papier liefern, die den Naturfarben entsprechen. Das letztere Verfahren hat in der Praxis bereits Boden gewonnen, das erstere ist immer noch im Versuchsstadium und hat nur wissenschaftliches Interesse.

Wie schon mehrfach (von Becquerel, Krone, Valenta, Wiener, Schütt) nachgewiesen ist, sind die Farben der directen „Photochromien", wie man sie nennt, keineswegs der Natur entsprechend, sondern nur annähernd ähnlich.

Drei neue von Dr. Neuhauss hergestellte Photochromien gewähren hierüber interessante Auskunft.

Es sind zwei Spectra und die Aufnahme eines bunten ausgestopften Papageies (Vorlage).

Ein Spectrum ist nach Lippmann auf mit Bromsilber versetztem Albumin, das andere auf Gelatinbromsilber aufgenommen. Beide Spectren unterscheiden sich erheblich. Das Spectrum der Eiweissplatte zeigt bei nahe senkrechtem Auffallswinkel ein sattes Roth, welches allmählich in Gelbgrün,

Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett übergeht. Das letztere ist jedoch von störenden rothen, grünen und grauen Streifen durchsetzt.

Das Spectrum auf Gelatinbromsilber zeigt dagegen statt Roth, bei senkrechter Incidenz ein helles Ziegelroth (Orange); dasselbe geht in Dunkelgrün, dann in Hellgelbgrün über, diesem folgt ein schmales Feld Blau, und diesem ein langes Feld Grauviolett, durchsetzt von röthlichen und bläulichen Feldern, denen im Ultraviolett sich sogar grünliche anschliessen.

Der Papagei zeigt bei nahe senkrechter Incidenz der Strahlen gelben Hals mit röthlichem Saum, grünen Nacken und Brust, ferner gelbliche Federn am Fuss und ein gelbes (Holz-?) Postament.

Sehr auffallend ist bei vorliegenden Photochromien die starke Farbenänderung bei schiefer Incidenz. Der gelbe Hals des Papageies und das gelbe Postament erscheinen dann grün, ebenso das Ziegelroth des Gelatinspectrums. Das helle Gelbgrün des letzteren wird grauweiss, das Blau mehr violett. Auch auf der Eiweissplatte machen sich solche Aenderungen bemerkbar, aber nicht in dem Grade. Das Tiefroth wird ziegelroth, das Grün und Blau behalten die ursprüngliche Nüance und nehmen höchstens einen Anflug von Grau an.

Man ersieht hieraus, wie weit die directe Photographie in natürlichen Farben trotz eifrigen Experimentirens noch von der Wahrheit entfernt ist.

Vielleicht gelingt es, durch Anwendung möglichst dünner Schichten sich derselben mehr zu nähern. Auf die Abnormitäten, welche durch Anwendung von Gelatin entstehen können, hat bereits Zenker[1]) hingewiesen.

Dr. Neuhauss verdanke ich noch ein anderes farbiges Spectrum anscheinend auf Bromsilberalbumin aufgenommen, welches in der Durchsicht Complementärfarben des Spectrums deutlich zeigt, d. h. an Stelle des in der Aussicht erscheinenden Roth erkennt man bei der Durchsicht ein blasses Grün, an Stelle des in der Aufsicht erscheinenden Grün ein blasses Roth, an Stelle des Violett ein blasses Gelb, genau wie es Zenker's Theorie fordert.

1) Eder, Jahrb. d. Phot. **120.** p. 119. 1893.

Dr. NEUHAUSS hat dieses erreicht, indem er „den Silberniederschlag beinahe ganz unsichtbar machte.“ Nähere Angaben fehlen.

Die Erscheinung ist jedoch schon früher beobachtet worden; so durch LIPPMANN [2]) bei zwei Bromsilberalbuminplatten. Auch VALENTA [3]) hat Spuren davon gesehen. Bei der NEUHAUSS'schen Platte tritt sie ganz besonders effectvoll hervor.

---

2) LIPPMANN, Compt. rend. **117**. p. 962. 1892.

3) E. VALENTA, Photographien in natürlichen Farben. Halle bei KNAPP, p. 72.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 16. **Nr. 12.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 17. December 1897.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Der Vorsitzende theilt mit, dass die erste Hälfte des Registers zu Band 21—43 der Fortschritte der Physik erschienen sei und von den Mitgliedern der Gesellschaft bei der Verlagsbuchhandlung GEORG REIMER (Berlin SW, Anhaltstr. 12) zum Vorzugspreise von 24 Mark bezogen werden könne.

Hr. **H. du Bois** spricht dann

über magnetische Schirmwirkung.

Ueber magnetische Schirmwirkung;
von H. du Bois.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 17. December 1897.)

(Vgl. oben p. 179.)

Angesichts der in nächster Zukunft zu erwartenden allgemeinen Einführung electrischer Strassenbahnen ist die Befürchtung nur allzu gerechtfertigt, dass sich die daraus entspringenden Störungen den bereits bestehenden fast allerorts hinzugesellen werden. Die Frage der magnetischen Schirmwirkung gewinnt dadurch neben ihrem theoretischen Interesse auch allgemeine praktische Bedeutung, sodass eine eingehendere Bearbeitung als die bisher vorliegende geboten erscheint. Es wurde daher eine Theorie der Schirmwirkung sphärischer und cylindrischer mehrschaliger (durch unmagnetische Zwischenschichten getrennter) Schutzpanzer versucht und die Methode der Lösung dieses Problems angebahnt; thatsächlich durchgeführt wurde die Rechnung für bilamellare — zweischalige — Panzer. Die sich ergebenden Gleichungen wurden sodann einer möglichst erschöpfenden Discussion unterzogen, aus der sich mancher für die Anwendung wesentlicher Gesichtspunkt hervorheben liess. Am meisten dürfte es darauf ankommen, die Zwischenschichten derart zu wählen, dass ihre Radienverhältnisse gewissen, für jeden Fall angebbaren Bedingungsgleichungen genügen, wodurch die günstigste Schirmwirkung bei möglichst geringem Gewicht erzielt wird.

Es wurden für einschalige Hohlcylinder von verschiedener Wanddicke die vollständigen Bilder der Kraftlinien- und Aequipotentiallinienschaaren theoretisch berechnet und entworfen. Der Vergleich mit den in bekannter Weise erhaltenen Feilichtbildern ergab eine befriedigende Uebereinstimmung. Ebenso wurde die theoretisch berechnete Schirmwirkung bilamellarer Cylinderpanzer durch die experimentell beobachteten Werthe

derselben bestätigt; es wurde hierzu eine Methode verwendet, welche auf der Messung der Ablenkung eines Magnetsystems durch eine gegebene künstliche „Störungscomponente“ beruht, wobei die Richtkraft mittels eines besonderen Richtmagnets nach Intensität und Richtung stets constant erhalten wird. Die multilamellaren Panzer erweisen sich den bisher benutzten einfachen massiven Panzern weit überlegen, indem es mit verhältnissmässig leichten Schaalensystemen, etwa aus Transformatorblech aufgerollt, leicht gelingt, äussere Felder bis auf Bruchtheile eines Procentes ihres Werthes abzuschwächen.[1])

Numerisch die gleiche Abschwächung erleidet die scheinbare Fernwirkung geeignet angeordneter magnetischer Systeme, wenn sie von dem betreffenden multilamellaren oder einfachen Panzer umhüllt werden, was für die Anwendungen ebenfalls von Interesse sein dürfte. Die theoretischen Resultate gelten streng genommen für unendlich lange Cylinder; indessen ist ihre Anwendung bereits zulässig für die mittleren Theile von Cylindern, deren Länge nur etwa das Doppelte des Durchmessers beträgt, indem der Einfluss der Mündung sich um etwa den $1-1^1/_2$fachen Radius nach dem Innern zu bemerkbar macht; die Curve der Variation der Schirmwirkung an der Cylinderaxe entlang wurde für einige Panzer bestimmt.

Ferner wurden die verschiedenen Anwendungen der Schirmwirkung discutirt. Ausser zu dem wichtigen Zwecke des Schutzes gegen äussere oder innere Störungen lässt sie sich auch als Methode zur Bestimmung der Permeabilität verwerthen. Es wurden verschiedene Sorten Transformatorblech nach diesem Verfahren untersucht und ergaben Anfangswerthe der Permeabilität zwischen 100 und 250. Zu bemerken ist, dass nach neueren Untersuchungen von Morris die Permeabilität bei ca. 750° (Dunkelrothgluth) unter Umständen Anfangswerthe von der Ordnung 10 000 erreicht; es ist nicht ganz ausgeschlossen, dass man sich in Ausnahmefällen den hierdurch erzielbaren fast vollkommenen Schutz nutzbar machen könnte.

---

1) *Anmerk. bei der Corr.:* Der folgende zweite Theil des Vortrages musste der vorgerückten Zeit wegen bis zur Sitzung vom 7. Januar 1898 verschoben werden. — Ueber sphärische multilamellare Panzer liegt eine mathematische Untersuchung Rücker's vor. (Phil. Mag. (5). **37.** p. 95. 1894.)

Endlich wurde die Schirmwirkung bei gepanzerten Stromleitern theoretisch und experimentell untersucht; sie bildet nur einen speciellen Fall einer allgemeineren Erscheinung, welche man als eine mechanische Schirmwirkung bezeichnen kann, und welche sich durch die Uebertragung der Angriffsstellen ponderomotorischer Kräfte auf den Panzer äussert. Das Hauptergebniss dieser Discusion ist, dass auch die electromagnetischen Kräfte zum Theil nicht mehr am Stromleiter, sondern am Panzer angreifen, ein Resultat, welches offenbar auch experimentell und technisch von Interesse ist und mannichfache Anwendungen zulässt, in erster Linie auf die Lochanker vieler Dynamomaschinen. Wegen der theoretischen und experimentellen Einzelheiten muss auf eine spätere ausführlichere Veröffentlichung hingewiesen werden.

Mitgliederliste.

Im Jahre 1897 wurden in die Gesellschaft aufgenommen die Herren:

Dr. M. Abraham, H. Boas, Dr. F. F. Martens, A. Meiner, Dr. Silberstein und B. Tepelmann.

Dagegen verlor die Gesellschaft durch Tod:

Prof. Dr. W. Preyer, Prof. Dr. V. Schemmel und Prof. Dr. K. Weierstrass.

Aus der Gesellschaft schied aus Herr:

Dr. B. Meth.

Am Ende des Jahres 1897 waren Mitglieder der Gesellschaft:

Hr. Dr. M. Abraham*), NW., Altonaerstrasse 30.
— Prof. Dr. Adami in Bayreuth.
— Dr. Altschul, N., Brunnenstrasse 109.
— Prof. K. Ångström, Upsala.
— F. S. Archenhold, Treptow bei Berlin, Sternwarte.
— Prof. Dr. H. Aron, W., Lichtensteinallee 3a.
— Dr. L. Arons, SW., Königgrätzerstrasse 109.
— Dr. E. Aschkinass, W., Kurfürstendamm 15.
— Prof. Dr. R. Assmann, C., An der Schleuse 5.
— Dr. E. van Aubel, Brüssel, Rue de Comines 12.
— Prof. Dr. Avenarius, Kiew.
— O. Baschin, W., Schinkelplatz 6.
— Frhr. v. Beaulieu, Cassel.
— Dr. U. Behn, NW., Reichstagsufer 7/8.
— Dr. W. Bein, W., Schaperstr. 36.
— Prof. Dr. P. Benoit, W., Neue Winterfeldstr. 54.
— A. Berberich, SW., Lindenstr. 91.
— Dr. G. Berthold, Ronsdorf.
— Prof. Dr. W. v. Bezold, W., Lützowstrasse 72.
— Prof. Dr. E. Blasius, Charlottenburg, Knesebeckstrasse 96.
— A. Blümel, SO., Melchiorstr. 22.
— H. Boas, SW., Dessauerstr. 38.
— Prof. Dr. R. Börnstein, Deutsch-Wilmersdorf bei Berlin, Lieckstrasse 10.
— Prof. Dr. H. Böttger, NW., Lessingstrasse 10.
— Prof. Dr. H. du Bois, NW., Schiffbauerdamm 21.
— A. du Bois-Reymond, Westend bei Berlin, Ahornallee 42.
— Prof. Dr. L. Boltzmann, Wien IX, Türkenstrasse 3.
— Prof. Dr. F. Braun, Strassburg.
Hr. Prof. Dr. A. Brill, Tübingen.
— Dr. W. Brix, Charlottenburg. Berliner Strasse 13/14.
— Dr. W. Brix jun., W., Friedrich Wihelmstrasse 9.
— Prof. Dr. E. Brodhun, Col. Grunewald, Hubertusbaderstrasse 22.
— Dr. C. Brodmann, NW., Cuxhavenerstrasse 15.
— Telegraphendirector Brunner, Wien.
— Prof. Dr. Bruns, Leipzig.
— Prof. Dr. E. Budde, NW., Alt-Moabit 89.
— Prof. Dr. F. Burckhardt, Basel.
— Dr. R. Burg, Charlottenburg, Goethestrasse 8.
— Dr. F. Caspary, W., Rankestr. 3.
— Prof. Dr. E. B. Christoffel, Strassburg i. E.
— Prof. Dr. O. Chwolson, St. Petersburg, Was. Ostr. 6, Linie Nr. 29 Qu. 3.
— Dr. A. Coehn, Göttingen, Obere Karspüle 16a.
— Dr. Dehms, Potsdam.
— Prof. Dr. C. Dieterici, Hannover.
— Prof. Dr. Dietrich, Stuttgart.
— Prof. Dr. E. Dorn, Halle a. S., Paradeplatz 7.
— Prof. Dr. P. Drude, Leipzig.
— Dr. E. v. Drygalski, W., Kurfürstenstrasse 40.
— Dr. A. Ebeling, W., Würzburgerstrasse 20.
— Dr. Edler, N., Schwarzkopfstrasse 9a.
— Prof. Dr. J. Elster, Wolfenbüttel.
— F. Ernecke, SW., Königgrätzerstrasse 112.
— Prof. Dr. M. Eschenhagen, Potsdam, Magnet. Observatorium.
— Dr. C. Färber, SO., Elisabethufer 41.

*) Berlin ist in dem Verzeichniss weggelassen.

Hr. Dr. Felgenträger, Potsdam, Meteorol. Institut.
— Prof. Dr. K. Feussner, Charlottenburg, Leibnitzstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Fick, Würzburg.
— Prof. Dr. R. Finkener, W., Burggrafenstrasse 2a.
— Dr. K. Fischer, SW., Puttkamerstrasse 10.
— Dr. A. Franke, SW., Hagelsbergerstrasse 23.
— Dr. G. Freund, NW., Unter den Linden 69.
— Prof. Dr. O. Frölich, Steglitz, Hohenzollernstrasse 5.
— Prof. Dr. Fromme, Giessen.
— Prof. Dr. L. Fuchs, W., Rankestrasse 14.
— R. Fuess in Steglitz, Düntherstrasse 8.
— Prof. Dr. J. Gad, Prag.
— Dr. A. Galle, Potsdam, Geodät. Institut.
— Prof. H. Geitel, Wolfenbüttel.
— Dr. H. Gerstmann, Charlottenburg, Uhlandstrasse 178.
— Dr. W. Giese, W., Bülowstr. 80.
— Prof. Dr. P. Glan, NW., Klopstockstrasse 65.
— Prof. Dr. E. Goldstein, W., Motzstrasse 66.
— Prof. Dr. D. Goldhammer, Kasan.
— Prof. Dr. L. Grätz, München, Arcisstrasse 8.
— Dr. Th. Gross, Westend bei Berlin, Spandauerberg 23.
— Prof. Dr. P. Groth, München XI.
— Prof. Dr. Grotrian, Aachen.
— Prof. Dr. L. Grunmach, W., Lutherstrasse 15.
— Prof. Dr. G. Gruss, Prag, Böhmische Sternwarte.
— Prof. Dr. S. Günther, München.
— Prof. Dr. P. Güssfeldt, NW., Beethovenstrasse 1.
— Dr. E. Gumlich, Charlottenburg, Schlüterstrasse 71.
— Dr. L. Hacker, Gross-Lichterfelde, Potsdamerstrasse 52.
— Wilh. Hänsch, S., Gitschinerstrasse 82.
— Dr. E. Häntzschel, W., Gleditschstrasse 43.
— Prof. Dr. E. Hagen, Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff, Basel.
— H. Hahn, NW., Melanchthonstrasse 12.
— Prof. Dr. Hammerl, Innsbruck.
— G. Hansemann, W., Maassenst. 29.

Hr. Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstrasse 6.
— Dr. B. Hecht, Königsberg i. Pr.
— Dr. Hecker, Potsdam, Geodät. Institut.
— F. v. Hefner-Alteneck, W., Hildebrand'sche Privatstrasse 9.
— Prof. Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstrasse 2/3.
— Prof. Dr. K. Hensel, W., Kurfürstendamm 116.
— Prof. Dr. A. Heydweiller, Breslau, Moritzstrasse 7.
— Prof. Dr. J. Hirschwald, Charlottenburg, Hardenbergstr. 9.
— Prof. J. H. van't Hoff, Charlottenburg, Uhlandstrasse 2.
— Dr. H. Hohnhorst, SW., Belle-alliancestrasse 80.
— Dr. L. Holborn, Charlottenburg, Schlossstrasse 3.
— Dr. K. Hollefreund, S., Alexandrinenstrasse 36.
— Prof. Dr. R. Hoppe, S., Prinzenstrasse 69.
— Dr. W. Howe, Westend bei Berlin, Kastanienallee 4.
— Prof. Hurmuzescu, Jassy.
— Prof. Dr. Hutt, Bernburg.
— Dr. W. Jaeger, Charlottenburg, Goethestrasse 16.
— Dr. E. Jahnke, Wilmersdorf, Pariserstrasse 55.
— Dr. K. Kahle, Charlottenburg, Lietzow 11.
— Prof. Dr. S. Kalischer, W., Ansbacherstrasse 14.
— Prof. Dr. G. Karsten, Kiel.
— Dr. C. Kassner, SW., Hallesche Strasse 20.
— Dr. W. Kaufmann, W., Magdeburgerstrasse 20.
— Prof. Dr. H. Kayser, Bonn.
— Prof. Dr. E. Ketteler, Münster i. W.
— Prof. Dr. J. Kiessling, Hamburg.
— O. Kiewel, W., Schinkelplatz 6.
— Dr. L. v. Klecki, Krakau, Karmelickastrasse 44.
— Prof. Dr. F. Klein, Göttingen.
— Prof. Dr. A. König, NW., Flemmingstrasse 1.
— Prof. Dr. W. König, Frankfurt a. M., Adlerflychtstrasse 11.
— Dr. A. Köpsel, Zürich.
— Prof. Dr. F. Kötter, S., Annenstrasse 1.
— Prof. Dr. M. Koppe, O., Königsbergerstrasse 16.
— Prof. Dr. F. Kohlrausch, Charlottenburg, Marchstrasse 25.

Hr. Prof. Dr. W. Kohlrausch, Hannover.
— Prof. Dr. G. Krech, S., Brandenburgstrasse 43.
— Prof. Dr. V. Kremser, NW., Spenerstrasse 34.
— Dr. O. Krigar-Menzel, W., Ansbacherstrasse 48.
— Prof. Dr. H. Kronecker, Bern.
— Dr. Kühnen, Potsdam, Geodät. Institut.
— Dr. F. Kurlbaum, W., Kurfürstendamm 31.
— Prof. Dr. E. Lampe, W., Kurfürstenstrasse 139.
— Prof. Dr. H. Landolt, NW., Albrechtstrasse 14.
— Prof. Dr. C. Lange, W., Lutherstrasse 47.
— Prof. Dr. J. Lange, SW., Möckernstrasse 85.
— Dr. E. Less, NW., Albrechtstrasse 18.
— Dr. L. Levy, W., Blumenthalstrasse 17.
— Prof. Dr. Liebisch, Göttingen.
— Prof. Dr. O. Liebreich, NW., Neustädtische Kirchstrasse 9.
— Dr. St. Lindeck in Charlottenburg, Goethestrasse 68.
— Dr. E. Loew, SW., Grossbeerenstrasse 1.
— Prof. Dr. E. v. Lommel, München, Kaiserstrasse 1.
— Prof. Dr. H. A. Lorentz, Leyden.
— Prof. Dr. G. Lübeck, N., Prenzlauer Allee 2.
— Prof. Dr. O. Lummer in Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Dr. A. Mahlke, Sudenburg-Magdeburg.
— Dr. F. F. Martens, S., Stallschreiberstrasse 4.
— A. Meiner, Leipzig.
— Dr. G. Melander, Helsingfors.
— Dr. Ernst Meyer, SW., Grossgörschenstrasse 7.
— Prof. Dr. G. Meyer, Freiburg i. B., Ludwigstr. 6.
— Prof. Dr. O. E. Meyer, Breslau, Schuhbrücke.
— Dr. W. Meyer, W., Rankestr. 23.
— Dr. C. Michaelis Potsdam, Schützenplatz 1b.
— Ministerialdirector Dr. P. Micke, W., Kleiststr. 15.
— Dr. James Moser, Wien.
— Dr. R. Müller, SW., Zossenerstrasse 39.
— Dr. W. Müller-Erzbach, Bre-

Hr. Prof. Dr. A. Müttrich. Eberswalde.
— Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstrasse 4.
— Dr. R. Nahrwold, SW., Planufer 31.
— Prof. Dr. F. Neesen, W., Zietenstrasse 6c.
— Prof. Dr. W. Nernst Göttingen, Hertzb. Chaussee 13.
— Prof. Neubert Dresden.
— Prof. Dr. C. Neumann Leipzig.
— Major Nieber, W., Neue Winterfeldstrasse 3a.
— Prof. Dr. A. Oberbeck, Tübingen.
— Prof. Dr. A. v. Oettingen, Leipzig, Mozartstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Paalzow, W., Wilhelmstrasse 50.
— Prof. Dr. J. Pernet, Zürich-Hottingen.
— Prof. Dr. L. Pfaundler Graz.
— Dr. J. Picker, Bensberg.
— Prof. Raoul Pictet, Paris, Rue Jean Goujou 37.
— Prof. Dr. M. Planck, W., Tauenzienstrasse 18a.
— Prof. Dr. L. Pochhammer, Kiel.
— Prof. Dr. F. Pockels Dresden.
— Prof. Dr. F. Poske, SW., Halleschestrasse 21.
— Prof. Dr. E. Pringsheim, NW., Flensburgerstrasse 14.
— Dr. K. Prytz Kopenhagen, Falkoneergaardsvej 12.
— Prof. Dr. G. Quincke Heidelberg, Friedrichsbau.
— Dr. R. Radau Paris.
— Dr. A. Raps, SW., Yorkstr. 66.
— Prof. Dr. Recknagel Augsburg.
— Prof. Dr. O. Reichel Charlottenburg, Bismarckstr. 126.
— Dr. W. Reiss, Schloss Könitz (Thüringen).
— Renisch, Essen.
— Prof. Dr. F. Richarz Greifswald.
— Dr. E. Richter, Charlottenburg, Knesebeckstrasse 90.
— Prof. Dr. E. Riecke, Göttingen.
— Dr. R. Ritter, München.
— Dr. M. v. Rohr, Jena.
— Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlstrasse 24.
— Prof Dr. O. Rosenbach, W., Victoriastrasse 20.
— Prof. Dr. J. Rosenthal, Erlangen.
— Director Dr. F. Roth, Leipzig.
— Prof. Dr. H. Rubens, W., Ansbacherstrasse 13.
— Prof. Dr. Fr. Rüdorff, Char-

Hr. Prof. Dr. Rühlmann, Chemnitz.
— Prof. Dr. C. Runge, Hannover.
— Prof. Dr. Saalschütz, Königsberg in Pr.
— Prof. Dr. P. Schafheitlin, Charlottenburg, Joachimsthalerstr. 1.
— Dr. K. Scheel, Dtsch. Wilmersdorf b. Berlin, Holsteinischestr. 1.
— Prof. Dr. J. Scheiner, Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. R. Schelske, NW., Beethovenstrasse 3.
— Dr. Schenk, N., Strassburgerstr. 2.
— Prof. Dr. K. Schering, Darmstadt Hoffmannstrassse 48.
— M. Schlegel, W., Bellevuestr. 15.
— Dr. A. Schmidt, Gotha.
— Dr. Erich Schmidt, W., Passauerstrasse 39.
— Dr. Schönach Innsbruck.
— Dr. O. Schönrock, Charlottenburg, Bismarkstrasse 96.
— Prof. Dr. J. Scholz, NW., Klopstockstrasse 1.
— Prof. Dr. P. Scholz Steglitz, Fichtestr. 34.
— Dr. R. Scholz, Charlottenburg, Kantstrasse 147.
— Prof. F. Schotte, SW., Grossbeerenstrasse 27a.
— Dr. P. Schottländer, Charlottenburg, Göthestrasse 87.
— Dr. Schülke Osterode O./Pr.
— Dr. Franz Schütt, W., Kleistst. 31.
— Prof. Dr. B. Schwalbe, NW., Georgenstrasse 30/31.
— Dr. G. Schwalbe, Potsdam, Meteor.-magnet. Observatorium.
— R. Seebold, W., Landgrafenstrasse 16.
— Frhr. v. Seherr-Thoss, W., Hohenzollernstrasse 11.
— Dr. G. Sieben in Gross-Lichterfelde, Sternstr. 9.
— Dr. Siebert, Gross-Lichterfelde, Potsdamerstrasse 61.
— Wilh. v. Siemens, W., Thiergartenstrasse 10.
— Dr. Silberstein, Lemberg.
— Prof. Dr. P. Silow, Warschau.
— Dr. W. Sklarek, W., Lützowstrasse 63.
— Prof. Dr. A. Slaby, Charlottenburg, Sophienstrasse 4.
— Dr. P. Spies, Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. A. Sprung, Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— Dr. K. Strecker, Gross-Lichterfelde, Promenadenstrasse 9.

Hr. Prof. Dr. V. Strouhal, Prag, Clementinum.
— Dr. R. Süring, Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— B. Tepelmann, Braunschweig.
— Prof. Dr. M. Thiesen, Friedrichshagen, Ahornalle 10.
— Dr. B. v. Tietzen-Hennig, Posen.
— Prof. H. Thurein, N., Chausseestrasse 40.
— Dr. Fr. Vettin, SW., Bernburgerstrasse 24.
— Prof. Dr. R. Virchow, W., Schellingstrasse 10.
— Prof. Dr. H. C. Vogel Potsdam, Astrophysik. Observat.
— Prof. Dr. H. W. Vogel, Grunewald-Colonie, Schinkelstr. 4.
— Prof. Dr. P. Volkmann Königsberg i. Pr. Tragheim, Kirchenstrasse 11.
— Dr. R. Wachsmuth, Göttingen, Grüner Weg 4.
— Prof. Dr. A. Wangerin Halle a. S., Burgstrasse 27.
— Prof. Dr. E. Warburg, NW., Neue Wilhelmstrasse 16.
— Dr. C. L. Weber, SW., Yorkstrasse 9.
— Prof. Dr. H. F. Weber, Zürich.
— Prof. Dr. L. Weber Kiel.
— Prof. Dr. W. Wedding, W., Kurfürstenstrasse 111.
— Prof. Dr. J. Weingarten, W., Regentenstrasse 14.
— Prof. Dr. B. Weinstein, S., Urbanstrasse 1.
— Dr. K. Wesendonck, W., Wilhelmstrasse 66.
— Prof. H. F. Wiebe, Charlottenburg, Leibnitzstrasse 78a.
— Prof. Dr. E. Wiechert, Göttingen.
— Prof. Dr. G. Wiedemann Leipzig, Thalstrasse 35.
— Prof. Dr. E. Wiedemann, Erlangen.
— Dr. M. Wien, Würzburg. Pleicher Ring 8.
— Prof. Dr. W. Wien, Aachen.
— Prof. Dr. O. Wiener, Giessen.
— Prof. Dr. J. Wilsing Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Prof. Dr. W. Wolff, Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. A. Wüllner Aachen.
— R. Wurtzel, NW., Philippstrasse 6.
— Prof. Dr. W. v. Zahn, Leipzig.

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

im Jahre 1898.

Siebzehnter Jahrgang.

Herausgegeben

von

Arthur König.



Leipzig, 1898.

Verlag von Johann Ambrosius Barth.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Vorwort.

Die in dem Bericht über die Sitzung vom 16. December 1898 (vgl. p. 142) erwähnte endgültige Beschlussfassung über die neuen Satzungen der Gesellschaft hat inzwischen stattgefunden und einstimmige Annahme derselben ergeben.

Indem sich damit die „Physikalische Gesellschaft zu Berlin“ in eine „Deutsche Physikalische Gesellschaft“ umgewandelt hat, haben auch die „Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin“ mit dem vorliegenden Bande ihren Abschluss gefunden. Sie werden in den demnächst beginnenden „Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft“ ihre Fortsetzung finden.

Berlin, den 10. Januar 1899.

Der Herausgeber.

Inhaltsverzeichniss.*)

*) An den durch die fettgedruckten Seitenzahlen bezeichneten Stellen finden sich ausführlichere Mittheilungen über die betreffenden Gegenstände.



Jahrg. 17. **Nr. 1.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 7. Januar 1898.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. **H. du Bois** vollendet seine Mittheilungen

über magnetische Schirmwirkung.

Hr. E. WARBURG legt dann eine Abhandlung des Hrn. **H. Ebert** vor betreffend

das Verhalten der Kathodenstrahlen in electrischen Wechselfeldern.

Hr **P. Glan** macht zum Schluss eine zusätzliche Bemerkung zu seinen früheren Vorträgen

über elastische Körper und Licht.

Das Verhalten der Kathodenstrahlen in electrischen Wechselfeldern; von H. Ebert.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 7. Januar 1898.)

(Vgl. oben p. 1.)

Unter den verschiedenen in neuester Zeit gemachten Versuchen eine Einwirkung electrischer Kräfte auf Kathodenstrahlen nachzuweisen verdienen diejenigen des Hrn. K. E. F. SCHMIDT [1]) in Halle besondere Beachtung, der nicht eine Wirkung rein electrostatischer Kräfte, sondern electrischer Schwingungen constatirt. Es schien von Wichtigkeit, diese Versuche unter möglichst einfachen und übersichtlichen Bedingungen, die zugleich eine Messung der in Betracht kommenden electrischen Kräfte gestatten, zu verificiren und nachzusehen, ob sich nicht auch die hier beobachteten Ablenkungen der Kathodenstrahlen auf bereits bekannte Phänomene zurückführen lassen. Zunächst musste das der Prüfung zu unterwerfende Kathodenstrahlenbündel von einer Electricitätsquelle erzeugt werden, welche unabhängig von der ablenkenden Kraft arbeitete; wie bei Hrn. SCHMIDT wurde eine BRAUN'sche Kathodenröhre [2]) verwendet, bei der infolge ihrer Gestalt die Gefahr ausgeschlossen war, dass die ablenkende Kraft auch auf die Kathodenansatzstelle wirken konnte, eine Erscheinung, welche sich nach den Uertersuchungen der Herren E. WIEDEMANN und G. C. SCHMIDT [3]) in Erlangen bei den JAUMANN'schen Versuchen störend eingemischt haben dürfte. Nachdem es anfangs nicht gelingen wollte diese Unabhängigkeit zu erreichen, theilt Hr. SCHMIDT in einem Nachtrage zu seiner zweiten Mittheilung einen Versuch mit, bei dem die BRAUN'sche Röhre von einer Influenzmaschine erregt wurde, die Ablenkungen dagegen durch ein Inductorium herbeigeführt wurden. Diese Anordnung,

1) K. E. F. SCHMIDT, Abhandl. d. Naturforsch. Gesellsch. zu Halle **21.** p. 163 u. 173. 1897.

2) F. BRAUN, Wied. Ann. **60.** p. 552. 1897.

3) E. WIEDEMANN u. G. C. SCHMIDT, Wied. Ann. **60.** p. 510. 1897.



welche allein sichere Resultate zu liefern im Stande ist, wurde bei meinen Versuchen durchweg verwendet, nur wurde das Inductorium mit seinem überaus complicirten Entladungsverlaufe durch ein anderes, viel regelmässigere Schwingungen lieferndes Hülfsmittel ersetzt. Durch die Liebenswürdigkeit des Hrn. Ingenieur HUMMEL in München befinde ich mich in dem Besitze eines kleinen vierpoligen Transformers, welcher mit Gleichstrom gespeist Wechselstrom von 31 Volt effectiver Spannung und 0,45 Amp. bei 60000 Polwechseln in der Minute zu entnehmen gestattet. Dieser hochfrequente Strom wurde durch einen besonderen Transformator auf ca. 1500 Volt transformirt und zwei kleinen Platten ($3{,}7 \times 6{,}8$ cm^2) zugeführt, welche an die BRAUN'sche Röhre unmittelbar hinter dem Diaphragma im gegenseitigen Abstande von 2,5 cm angelegt wurden. In dem electrischen Wechselfelde dieser Platten zeigten sich nun sehr deutliche und regelmässige Ablenkungen der Kathodenstrahlen, sodass der ihrer Auftreffstelle auf dem Phosphorescenzschirme entsprechende Lichtfleck nicht nur wie bei Hrn. SCHMIDT einen „kometenschweifartigen Ansatz“ erhielt, sondern zu einer deutlichen geraden Linie ausgezogen wurde; dabei ergaben sich Amplituden von 1—2 cm, also Strichlängen von 2—4 cm. Wurde diese Linie im rotirenden Spiegel betrachtet, so ergab sich ein sehr reiner sinoidaler Verlauf der Ablenkung, entsprechend dem zeitlichen Ablaufe des primären Wechselstromes, dessen Verlauf in der von Hrn. BRAUN angegebenen Weise durch die magnetische Wirkung einer eingeschalteten kleinen Spirale ohne Eisen vorher geprüft und nahezu sinoidal befunden worden war. Da das Plattenpaar eine verschwindend kleine Capacität hatte, kann der Secundärkreis als offen betrachtet werden, und es bietet sich in dieser Ablenkung der Kathodenstrahlen durch zeitlich variirende electrische Kräfte demnach ein Mittel dar, den Spannungsverlauf eines offenen Transformators direct, ohne Schliessen durch eine Spule, zu verfolgen.

Es ensteht nun die Frage: Wodurch sind diese Ablenkungen bedingt; sind sie wirklich eine directe electrostatische Wirkung auf die Kathodenstrahlen, oder sind sie vielmehr erst indirect durch andere Vorgänge verursacht. Da keine Ablenkungen erhalten werden, wenn das electrische Feld nicht pulsirt, so liegt



I. die Vermuthung nahe, dass die magnetischen Kräfte dielectrischer Verschiebungsströme die Ablenknng wie andere magnetische Kräfte herbeiführen. Denn die zeitliche Aenderung electrischer Spannung ist nach der MAXWELL'schen Theorie untrennbar mit dem Auftreten ringsum wirkender magnetischer Kräfte verbunden;

II. wurden die Wandladungen der Röhre genauer untersucht, die selbst an den Stellen, welche nicht direct von Kathodenstrahlen getroffen werden, sehr erhebliche sind;

III. verdienen die Kathodenerscheinungen eine besondere Beachtung, welche an den Innenwänden eines gasverdünnten Raumes auftreten, wenn electrische Schwingungen von aussen auf den Raum wirken, ohne dass Electroden die Schwingungen direct in das Innere überzuführen brauchen.

I. Wurde das Plattenpaar gedreht, sodass es nicht mehr parallel, sondern senkrecht zur Rohraxe stand, so blieb die Ablenkung aus. Die die einzelnen electrostatischen Kraftröhren bei ihrem Herein- und Herauspulsiren umfassenden in sich zurücklaufenden Magnetkraftlinien müssen sich zu einer die Plattencontur begleitenden Randerscheinung zusammensetzen; auch in der zweiten Stellung müssen also magnetische Kraftlinien der im Plattenfelde auftretenden Verschiebungsströme das Kathodenstrahlenbündel senkrecht durchsetzen; trotzdem blieb die Wirkung aus.

Noch viel directer ist das folgende Prüfungsmittel: Ist die Ablenkung durch die electrischen Kräfte bedingt, so folgt sie dem zeitlichen Verlaufe des Spannungsgradienten $\mathfrak{E}$ zwischen den Platten, ist sie aber durch die Verschiebungsströme bedingt, so muss sie sich der Ableitung $d\mathfrak{E}/dt$ anschliessen; beide Grössen $\mathfrak{E}$ und $d\mathfrak{E}/dt$ haben eine gegenseitige Phasendifferenz von einer viertel Periode. Da der Secundärkreis des Transformators als offen gelten konnte (vgl. p. 3), so war die Spannung an den Polen desselben gegen die primäre Stromstärke in ihrem zeitlichen Verlaufe um nahe eine viertel Periode verschoben. Indem man also diese letztere zum Vergleiche heranzog, konnte entschieden werden, ob die Ablenkung zeitlich mit dem Pulsiren von $\mathfrak{E}$ oder von $d\mathfrak{E}/dt$ zusammenfiel. Ausser dem der Röhre anliegenden kleinen Platten-

condensator, der an den Secundärkreis angeschlossen war, wurde die oben erwähnte eisenfreie kleine Spule, nachdem sie in den primären Kreis des Transformators eingeschaltet war, so neben der Röhre aufgestellt, dass sie für sich eine ebenso grosse magnetische Ablenkung wie die Platten hervorrief, nur in einer um 90° davon verschiedenen Richtung. Bei der Gleichheit der Amplituden mussten offenbar Kreise oder doch kreisähnliche Ellipsen entstehen, wenn die Ablenkung zeitlich mit der Pulsation von $\mathfrak{E}$ zusammenfiel (einer Phasendifferenz von 90° zwischen primärem Strom und secundärer Spannung entsprechend); hingegen gerade Linien oder höchstens sehr flache Ellipsen, wenn $d\mathfrak{E}/dt$ und damit die Verschiebungen maassgebend waren (einer Phasendifferenz von 0° oder 180° entsprechend). [Genaue Kreis- oder geradlinige Figuren sind wegen der Streuung, Hysterese etc. nicht zu erwarten.] Das erstere trat ein.

Man hat hier einen sehr empfindlichen Phasenindicator für unbelastete offene Transformatoren. War hierdurch wahrscheinlich gemacht, dass die Verschiebungsströme nicht im Stande sind den Kathodenstrahlen der Braun'schen Röhre merklich zu verschieben, so zeigte eine directe Messung aller in Betracht kommenden Grössen und eine darauf gegründete Berechnung der Grössenordnung, dass die magnetische Feldintensität dieser Ströme im vorliegenden Falle ca. 300000 mal kleiner war, als die kleinste magnetische Kraft, welche an den Strahlen noch eine eben merkliche Ablenkung herbeizuführen im Stande war. Verschiebungsströme dürften daher auch bei den Versuchen des Hrn. K. E. F. Schmidt nicht die Ursache der Ablenkungen gewesen sein.

II. Die Aussenwände der Braun'schen Röhre waren in der Nähe der Kathode sehr stark negativ geladen; nach der Anode zu ging diese Ladung durch 0 hindurch in eine positive, wenn auch nicht so starke Ladung über. Der ganze Hals der Röhre bis zum Diaphragma zeigte sich schwach + geladen. Hinter diesem aber, also am eigentlichen Beobachtungsraume, wuchs der Betrag an + Ladung immer mehr an, so dass am Ende der Röhre ein Kugelpendel leicht positiv so stark geladen werden konnte, dass die electrostatischen Grundversuche mit ihm angestellt werden konnten. Die Kathodenstrahlen laden den

Vorderraum der Röhre negativ; diese innere negative Wandladung bindet aussen + E. Es muss hier demnach der ganze von den Strahlen durchsetzte Raum innen negativ geladen sein. Die Ladung dauert auch nach Aufhören des die Röhre erregenden Influenzmaschinenstromes an. Jede Ursache, welche die Vertheilung dieser Wandladungen abändert, übt auf das Kathodenstrahlenbündel eine richtungsändernde Wirkung aus. Eine solche Ursache ist aber

III. zu suchen in den Kathodenerscheinungen an den Innenwänden, welche die electrischen Schwingungen hervorrufen. Die Untersuchungen von Herrn E. Wiedemann und mir selbst [1]) über die Leuchterscheinungen in electrischen Hochfrequenzfeldern haben gezeigt, dass überall, wo die pulsirenden Kraftröhren electrischer Schwingungen die Wände eines gasverdünnten Raumes senkrecht, oder nahezu senkrecht schneiden, im Inneren Kathodenerscheinungen mit dunklem Raum und Glimmlichtschichten und zwar auf beiden Seiten auftreten. Nur muss der Druck ein genügend tiefer und die Röhre anregbar sein. Wir arbeiteten mit den noch immerhin ziemlich rasch gedämpften Schwingungen im Felde des Endcondensators einer Lecher'schen Drahtanordnung. Dass auch im vorliegenden Falle die Bedingungen für das Auftreten jener Kathodenerscheinungen erfüllt waren, ja diese bei dem tiefen Drucke in dem Braun'schen Rohre und der Verwendung der ungedämpften Schwingungen der Wechselstrommaschine besonders kräftig waren, stellte ich zunächst durch besondere Versuche fest. War das Rohr einmal durch die Influenzmaschine erregt, also Wandladungen vorhanden, so zeigten sich im verdunkelten Zimmer nach dem Anhalten der Maschine beim Anlegen der Wechselstromplatten deutliche Kathodenerscheinungen, Dunkelräume und Lichtfahnen, die sich nicht nur wie directe Kathodenstrahlen unmittelbar vor den Berührungsstellen der Wände ausbreiteten, sondern weit in den kolbenförmig erweiterten Raum der Braun'schen Röhre bis fast an den Phosphorescenzschirm heran erstreckten. Sie waren am deutlichsten, wenn die Platten wie bei den Ablenkungsversuchen direct anlagen, aber auch noch vorhanden, wenn sie weiter entfernt

1) H. Ebert u. E. Wiedemann, Wied. Ann. **50**. p. 42. 1893.

condensator, der an den Secundärkreis angeschlossen war, wurde die oben erwähnte eisenfreie kleine Spule, nachdem sie in den primären Kreis des Transformators eingeschaltet war, so neben der Röhre aufgestellt, dass sie für sich eine ebenso grosse magnetische Ablenkung wie die Platten hervorrief, nur in einer um 90° davon verschiedenen Richtung. Bei der Gleichheit der Amplituden mussten offenbar Kreise oder doch kreisähnliche Ellipsen entstehen, wenn die Ablenkung zeitlich mit der Pulsation von $\mathfrak{E}$ zusammenfiel (einer Phasendifferenz von 90° zwischen primärem Strom und secundärer Spannung entsprechend); hingegen gerade Linien oder höchstens sehr flache Ellipsen, wenn $d\mathfrak{E}/dt$ und damit die Verschiebungen maassgebend waren (einer Phasendifferenz von 0° oder 180° entsprechend). [Genaue Kreis- oder geradlinige Figuren sind wegen der Streuung, Hysterese etc. nicht zu erwarten.] Das erstere trat ein.

Man hat hier einen sehr empfindlichen Phasenindicator für unbelastete offene Transformatoren. War hierdurch wahrscheinlich gemacht, dass die Verschiebungsströme nicht im Stande sind den Kathodenstrahlen der Braun'schen Röhre merklich zu verschieben, so zeigte eine directe Messung aller in Betracht kommenden Grössen und eine darauf gegründete Berechnung der Grössenordnung, dass die magnetische Feldintensität dieser Ströme im vorliegenden Falle ca. 300000 mal kleiner war, als die kleinste magnetische Kraft, welche an den Strahlen noch eine eben merkliche Ablenkung herbeizuführen im Stande war. Verschiebungsströme dürften daher auch bei den Versuchen des Hrn. K. E. F. Schmidt nicht die Ursache der Ablenkungen gewesen sein.

II. Die Aussenwände der Braun'schen Röhre waren in der Nähe der Kathode sehr stark negativ geladen; nach der Anode zu ging diese Ladung durch 0 hindurch in eine positive, wenn auch nicht so starke Ladung über. Der ganze Hals der Röhre bis zum Diaphragma zeigte sich schwach + geladen. Hinter diesem aber, also am eigentlichen Beobachtungsraume, wuchs der Betrag an + Ladung immer mehr an, so dass am Ende der Röhre ein Kugelpendel leicht positiv so stark geladen werden konnte, dass die electrostatischen Grundversuche mit ihm angestellt werden konnten. Die Kathodenstrahlen laden den

Vorderraum der Röhre negativ; diese innere negative Wandladung bindet aussen + E. Es muss hier demnach der ganze von den Strahlen durchsetzte Raum innen negativ geladen sein. Die Ladung dauert auch nach Aufhören des die Röhre erregenden Influenzmaschinenstromes an. Jede Ursache, welche die Vertheilung dieser Wandladungen abändert, übt auf das Kathodenstrahlenbündel eine richtungsändernde Wirkung aus. Eine solche Ursache ist aber

III. zu suchen in den Kathodenerscheinungen an den Innenwänden, welche die electrischen Schwingungen hervorrufen. Die Untersuchungen von Herrn E. WIEDEMANN und mir selbst [1]) über die Leuchterscheinungen in electrischen Hochfrequenzfeldern haben gezeigt, dass überall, wo die pulsirenden Kraftröhren electrischer Schwingungen die Wände eines gasverdünnten Raumes senkrecht, oder nahezu senkrecht schneiden, im Inneren Kathodenerscheinungen mit dunklem Raum und Glimmlichtschichten und zwar auf beiden Seiten auftreten. Nur muss der Druck ein genügend tiefer und die Röhre anregbar sein. Wir arbeiteten mit den noch immerhin ziemlich rasch gedämpften Schwingungen im Felde des Endcondensators einer LECHER'schen Drahtanordnung. Dass auch im vorliegenden Falle die Bedingungen für das Auftreten jener Kathodenerscheinungen erfüllt waren, ja diese bei dem tiefen Drucke in dem BRAUN'schen Rohre und der Verwendung der ungedämpften Schwingungen der Wechselstrommaschine besonders kräftig waren, stellte ich zunächst durch besondere Versuche fest. War das Rohr einmal durch die Influenzmaschine erregt, also Wandladungen vorhanden, so zeigten sich im verdunkelten Zimmer nach dem Anhalten der Maschine beim Anlegen der Wechselstromplatten deutliche Kathodenerscheinungen, Dunkelräume und Lichtfahnen, die sich nicht nur wie directe Kathodenstrahlen unmittelbar vor den Berührungsstellen der Wände ausbreiteten, sondern weit in den kolbenförmig erweiterten Raum der BRAUN'schen Röhre bis fast an den Phosphorescenzschirm heran erstreckten. Sie waren am deutlichsten, wenn die Platten wie bei den Ablenkungsversuchen direct anlagen, aber auch noch vorhanden, wenn sie weiter entfernt

1) H. EBERT u. E. WIEDEMANN, Wied. Ann. 50. p. 42. 1893.

wurden, ja sogar wenn isolirende Zwischenschichten zwischen Rohrwand und Platten eingeschaltet wurden.

Nun haben frühere Versuche von Hrn. E. Wiedemann und mir [1]) weiter gezeigt, dass die Dunkelräume einer Kathode dem Eindringen der Kathodenstrahlen einer anderen Kathode einen sehr grossen Widerstand entgegensetzen. Die Strahlen gleiten an der Grenze dieses Raumes entlang, indem sie sich um diesen herum legen und folglich von ihrer ursprünglichen Richtung abgebogen werden. Wenn daher auch Hr. K. E. F. Schmidt das Mitbetheiligen directer Goldstein'scher Deflexionserscheinungen durch ein directes Experiment (p. 181 *d*) ausschliesst, so bleiben doch noch die deflectorischen Wirkungen dieser von den elektrischen Schwingungen wachgerufenen Kathodenerscheinungen übrig, und auf sie möchte ich die beobachtete Ablenkung zurückführen.

Durch die Untersuchungen der Herren W. Kaufmann und E. Aschkinass [2] wird gezeigt, dass derartige Deflexionen proportional mit dem Potentialgradienten der deflectirenden Kathode wachsen; es ist daher nicht befremdend, dass der Kathodenstrahl eine ganz regelmässige dem Rhythmus des Potentialgradienten $\mathfrak{E}$ im Felde folgende pendelartige Bewegung ausführt, welche im Drehspiegel zu einer Sinuslinie ausgezogen wird.

Die ausführlichere Beschreibung der Versuche und Messungen ist den Annalen eingereicht und dürfte etwa im April 1898 erscheinen.

---

1) E. Wiedemann und H. Ebert, Sitzungsber. physikal. med. Soc. Erlangen. **24**. p. 114. 1891.

2) W. Kaufmann und E. Aschkinass, Wied. Ann. **62**. p. 588. 1897.

Zusatz zu den früheren theoretischen Untersuchungen über elastische Körper und Licht; von P. Glan.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 7. Januar 1898.)

(Vgl. oben p. 1.)

Hr. Bruhnes hat in einer interessanten Abhandlung Resultate meiner theoretischen Untersuchungen über elastische Körper und Licht auf Schallbewegung angewendet. Er glaubt Einwendungen erheben zu können gegen meine Theorie des Lichtes, weil sie Längswellen behandelt. Für ebene Wellen mit Längskreisschwingen habe ich die Gesetze der Doppelbrechung nachgewiesen. Damit fällt dieser Einwand fort. Er meint weiter, in dem Ausdruck für den Vernichtungsindex schwach absorbirter Lichtwellen sei ein Factor zuzufügen. Das ist ein Irrthum. Er hat übersehen, dass solch ein Factor in der betreffenden Rechnung fortfällt; er hat die Glieder nicht beachtet, welche in meinen Entwickelungen von den Theilableitungen der Formvariabeln nach der Zeit abhängen.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig

Jahrg. 17. **Nr. 2.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 21. Januar 1898.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. **J. H. West** (a. G.) sprach in einem von Demonstrationen begleiteten Vortrag

über minimale Druck- und Temperaturschwankungen in der Atmosphäre.

Hr. **E. Warburg** zeigte dann einen

Vorlesungsversuch zur Demonstration der Abnahme des Luftdruckes mit der Höhe.

Hr. F. KOHLRAUSCH legte eine Mittheilung des Hrn. **W. Wien** vor betreffend

die electrostatische und magnetische Ablenkung der Canalstrahlen.

Die electrostatische und magnetische Ablenkung der Canalstrahlen; von Willy Wien.

(Eingegangen am 13. Januar 1898; vorgelegt in der Sitzung vom 21. Januar 1898.)

(Vgl. oben p. 9.)

Während von den gewöhnlich sogenannten Kathodenstrahlen es schon seit langer Zeit bekannt ist, dass sie sowohl in einem magnetischen wie in einem electrostatischen Feld abgelenkt werden, obwohl die letzte Eigenschaft vielfach anders gedeutet wurde, solange die Ablenkung durch ein rein statisches Feld nicht nachgewiesen war, sind an den von Goldstein beobachteten Canalstrahlen keine derartigen Eigenschaften bisher gefunden worden. Nachdem ich nun nachgewiesen hatte[1]), dass die Canalstrahlen positive Ladung im Gegensatz zu den negativ geladenen Kathodenstrahlen tragen, konnte man voraussehen, dass die Canalstrahlen magnetische und electrostatische Ablenkungen erfahren müssen und zwar in entgegengesetzter Richtung wie die Kathodenstrahlen.

Die electrostatische Ablenkung konnte ich in einfacher Weise beobachten. In eine Metallplatte wurde ein Loch von 2 mm Durchmesser gebohrt und beiderseits Glasröhren auf die Platte gekittet. In die eine war die Anode eingeschmolzen, in die andere zwei einander gegenüberstehende Electroden von 5 cm Länge und 0,5 cm Breite im Abstand von 1,7 cm. Die Röhre wurde nun in einen Zinkkasten gestellt, in welchem sich auch das Inductorium befand und die Metallplatte mit dem Kasten und der Kathode des Inductoriums verbunden.

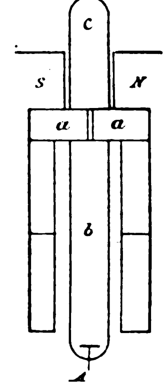
Bei der Entladung in nicht zu kleiner Verdünnung trat dann aus dem Loch ein Bündel Canalstrahlen heraus, auf der 9 cm von der Platte entfernten Glaswand einen Fluorescenzfleck von der bekannten gelbbraunen Farbe hervorrufend. Dieses Strahlenbündel ging mitten zwischen den beiden Electroden hindurch und wurde abgelenkt, wenn die Electroden

---

1) Willy Wien, Ber. der Phys. Ges. zu Berlin, 19. Nov. 1897.

durch einen Hochspannungsaccumulator auf eine Spannungsdifferenz von 2000 V. gebracht waren; die Ablenkung betrug etwa 6 mm. Die Canalstrahlen wurden von der negativen Electrode angezogen. Wenn die Verdünnung gross genug war, konnte ich es für kurze Zeit erreichen, dass das Feld zwischen den Electroden statisch blieb und keine Entladung zwischen ihnen überging. Das dünne Bündel Canalstrahlen erhöhte erst nach einiger Zeit die Leitfähigkeit des Gasraums soweit, dass der Accumulator ihn durchbrechen konnte.

Weniger einfach war der Nachweis der magnetischen Ablenkbarkeit der Canalstrahlen. Die starken magnetischen Kräfte eines Ruhmkorff'schen Electromagneten beeinflussten die Entladung selbst in so hohem Grade, dass eine sichere Beobachtung ausgeschlossen war. Und ein langes Bündel Canalstrahlen, welches gestattet hätte die Entladung in einiger Entfernung vom Electromagneten arbeiten zu lassen, war nicht zu erhalten. Ich gelangte dann mit folgender Anordnung zum Ziele.



Auf eine Eisenplatte *a* von 11 cm Durchmesser und 2,5 cm Dicke wurden die beschriebenen Glasröhren *b* und *c* gekittet. In die Eisenplatte war ein Loch von 2 mm Durchmesser gebohrt.

Der Ruhmkorff'sche Electromagnet trug Polschuhe mit Endflächen von 5 cm Länge und 2 cm Breite. Die 2,5 cm weite Röhre *c* wurde zwischen die Pole gebracht, sodass die Kraftlinien des Magnetfeldes senkrecht standen zu den electrischen Kraftlinien zwischen den beiden Electroden der Röhre *c*. Die Eisenplatte wurde an die Polschuhe dicht angelegt. Ueber die Röhre *b* und unmittelbar an die Eisenplatte wurde ein die ganze Röhre umschliessender Eisencylinder von 2,5 cm Wandstärke geschoben. Auf diese Weise waren die auf *b* wirkenden magnetischen Kräfte sehr geschwächt. Ihre Stärke konnte aus der Ablenkung der Kathodenstrahlen bestimmt werden, wenn man *A* zur Anode, *a* zur Kathode machte, wobei *a* zur Erde abgeleitet war. Zunächst konnte ich mich davon überzeugen, dass die nach *c* hin austretenden Canalstrahlen nicht beeinflusst wurden, wenn nach Fortnahme

des Eisencylinders die Kathodenstrahlen durch einen an *b* gelegten Magneten abgelenkt wurden. Dann wurde der Eisencylinder übergeschoben und die Ablenkung der Canalstrahlen beobachtet, wenn der Electromagnet erregt wurde. Dieselbe betrug ebenfalls etwa 6 mm und hatte die entgegengesetzte Richtung wie bei den Kathodenstrahlen. Das Magnetfeld wurde mit Hülfe eines Stenger'schen Bifilargalvanometers gemessen. Es betrug etwa 3250 C. G. S. Sowohl bei dieser als bei der electrostatischen Ablenkung zeigte sich, dass die Canalstrahlen ebenfalls aus einem Gemisch von verschieden ablenkbaren Strahlen bestehen.

Aus den angegebenen Zahlen folgt für die Geschwindigkeit der Canalstrahlen $3,6 . 10^7$ cm/sec und für das Verhältniss der Masse zur Ladung $3,2 . 10^{-3}$.

Aus diesen Beobachtungen ist der Schluss zu ziehen, dass die Kathodenstrahlen mit den Vorgängen bei der Electrolyse, wo die entgegengesetzt geladenen Ionen mit verschiedenen Geschwindigkeiten in entgegengesetzter Richtung wandern, am nächsten verwandt sind.

Aachen, 12. Januar 1898.

Jahrg. 17. Nr. 3.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 4. Februar 1898.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. **E. Warburg** sprach nach Versuchen des Hrn. **Smolan**

über die Wärmeleitung verdünnter Gase.

Hr. E. Warburg legte dann eine Mittheilung des Hrn. **G. C. Schmidt** (Erlangen) vor:

über die vom Thorium und den Thorverbindungen ausgehende Strahlung.

Hr. **E. Pringsheim** berichtete über gemeinsam mit Hrn. **O. Lummer** angestellte Versuche betreffend

die Abhängigkeit der Strahlung eines schwarzen Körpers von der Temperatur.

Hr. W. Kaufmann legte eine Mittheilung des Hrn. **Th. Des Coudres** vor:

ein neuer Versuch mit Lenard'schen Strahlen.

Ueber die vom Thorium und den Thorverbindungen ausgehende Strahlung; von G. C. Schmidt.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 4. Februar 1898.)

(Vgl. oben p. 13.)

Die von H. Becquerel gefundene Thatsache, dass Uran und die Uranverbindungen Strahlen aussenden, welche den von Röntgen entdeckten *X*-Strahlen ähnlich sind, und zwar hauptsächlich insofern als sie die Fähigkeit besitzen, durch Papier hindurch auf photographische Platten zu wirken und electrische Ladungen zu zerstreuen, liess es möglich erscheinen, dass auch anderen Elementen eine ähnliche Eigenschaft zukomme. Von den vielen Elementen und Verbindungen, welche ich hieraufhin geprüft habe, hat sich nur eins gefunden, welches sich dem Uran analog verhält, nämlich das Thor.

Legt man eine Thorverbindung auf eine in Papier lichtdicht eingewickelte photographische Platte, so wird dieselbe nach ein bis zwei Tagen vollständig geschwärzt. Ein Kreuz aus Metall, welches sich unter der Thorverbindung befindet, bildet sich vollständig ab. Die Metalle absorbiren also die Thorstrahlen. Die Thorstrahlen besitzen ferner die Eigenschaft ähnlich wie die Röntgenstrahlen, der umgebenden Luft ein schwaches electrisches Leitungsvermögen zu ertheilen und dadurch geladene Körper zu entladen. Diese Thatsache wurde in zweierlei Weise constatirt, nämlich erstens, indem die betreffenden Verbindungen einem geladenen Exner'schen Electroskop genähert wurden. Stets fand, gleichgültig ob die Ladung desselben positiv oder negativ war, eine schnelle Zerstreuung der Electricität statt, und zwar war sie in beiden Fällen gleich gross. Beispielsweise sank das Goldblatt des Electroskops, als nichts in der Nähe sich befand, in sechs Minuten von 47 auf 9, sobald aber Thoroxyd, Thorsulfat oder Thornitrat genähert wurde, in derselben Zeit von 47 auf 5, gleichgültig ob die Ladung positiv oder negativ war. Viel sicherer liess sich

diese Thatsache mit Hülfe des von ELSTER und GEITEL angegebenen Apparates, den diese Herren zur Prüfung des lichtelectrischen Verhaltens von Mineralien verwandt haben, nachweisen. Eine flache, gut isolirte Eisenschale nahm die Thorverbindung auf; sie war mit der Nadel eines HALLWACHS'schen Electrometers verbunden. In einem geringen Abstand über der Eisenschale befand sich ein Drahtnetz, welches auf 560 Volt geladen wurde. Wurde die Luft zwischen Drahtnetz und Schale leitend, so gab das Electrometer einen Ausschlag. Es wurden folgende Ausschläge gemessen:

			nach 1	2	3	4 Minuten
bei leerer Schale			16	32	52	75
mit Urancitronat	+	Lad.	63	123		
" "	−	"	65	131		
mit Urannitrat	+	"	95	166		
" "	−	"	90	152		
mit Thoroxyd	+	"	90	156		
" "	−	"	102	181		
mit Thorsulfat	+	"	40	81	124	
" "	−	"	60	98	134	
mit Thornitrat	+	"	43	89	126	
" "	−	"	42	82	110	

Je nach der Menge der angewandten Substanz waren die Ausschläge verschieden. Wickelte man die Thorverbindung in Blattaluminium, so fand doch eine schnelle Zunahme des Ausschlages des Electrometers statt; die Thorstrahlen vermögen also dünne Metalle zu durchdringen.

Von ELSTER und GEITEL (Jahresber. Ver. Naturw. Braunschweig 1897) ist nachgewiesen worden, dass die Uransalze nicht lichtelectrisch empfindlich sind. Auch in dieser Beziehung verhalten sich die Thorverbindungen ganz analog, wie die folgenden Zahlen beweisen:

			nach 1	2 Minuten
belichtet	−	Lad.	222	315
unbelichtet	−	"	205	320
belichtet	+	"	204	326
unbelichtet	+	"	210	320

Ein Einfluss des Lichtes ist nicht zu erkennen.

Ich habe noch eine grosse Anzahl von anderen Elementen, Verbindungen und festen Lösungen untersucht, ob sie die umgebende Luft leitend machen. Es befanden sich darunter viele, welche nach Arnold, Russell etc. durch Papier hindurch auf die photographische Platte wirken, ich habe aber nur negative Resultate erhalten. Diese beiden Eigenschaften gehen also nicht Hand in Hand. Es scheint als ob dieselben an das hohe Atomgewicht Uran = 240, Thorium = 232 gebunden sind.

Die genaue Beschreibung der hier kurz skizzirten Versuche, sowie anderer mit Thorverbindungen und zahlreichen organischen Körpern angestellten Experimente wird in kurzer Zeit in Wiedemann's Annalen erscheinen.

Erlangen, Physik. Institut, 25. Januar 1898.

Ein neuer Versuch mit Lenard'schen Strahlen; von Th. Des Coudres.

(Eingegangen am 31. Jan. 1898, vorgelegt in der Sitzung vom 4. Febr. 1898.)

(Vgl. oben p. 13.)

Durch die Untersuchungen von PERRIN[1]), McCLELLAND[2]), WIECHERT[3]), J. J. THOMSON[4]) und W. WIEN[5]), vor allem aber durch die quantitativen Resultate KAUFMANN's[6]) ist die Emissionstheorie der Kathodenstrahlen bis auf weiteres wohl zur einzig zweckmässigen Arbeitshypothese erhoben worden. Als wesentlich an der Theorie hat da allerdings nur zu gelten, dass sie einen Kathodenstrahl als die Bahn atomistisch abgetheilter negativer Electricitätsmengen anspricht. Ein Schritt weiter ist es beiläufig bemerkt, wenn sich auch die neueren Hauptförderer der Theorie, WIECHERT[7]) und J. J. THOMSON[8]), für geladene Materietheilchen entscheiden und demgemäss den Trägheitsbetrag der Kathodenstrahlelemente pro Electricitätsmengeneinheit mit dem des chemischen Wasserstoffions vergleichen. Die Alternative, wirkliche Masse oder durch Selbstinduction bewirkte „scheinbare Masse", braucht durchaus nicht immer ein Wortstreit zu bleiben. Die Masse materieller Körper ist unveränderlich, ihr proportional ist die Schwere. Ob beides auch bei den „Trägern" des Kathodenstrahlelectrons zutrifft, könnte sehr wohl in Zukunft einmal experimenteller Prüfung zugänglich werden. Ein schwereloses Kraft-

1) PERRIN, Compt. rend. **121.** p. 1130. 1895.

2) McCLELLAND, Electrician **39.** p. 74. 1897.

3) WIECHERT, Braunschw. Naturforschervers. 1897.

4) THOMSON, Electrician **39.** p. 104. 1897; Phil. Mag. (5). p. 293. 1897.

5) W. WIEN, Verhandl. d. Physik. Gesellsch. zu Berlin **16.** p. 165. 1897.

6) W. KAUFMANN, Wied. Ann. **61.** p. 544. 1897; **62.** p. 596. 1897; W. KAUFMANN u. ASCHKINASS l. c. p. 588. 1897.

7) E. WIECHERT, Sitzungsber. d. Physik.-ökonom. Gesellsch. zu Königsberg i. Pr. vom 7. Jan. 1897. p. 10.

8) J. J. THOMSON, Phil. Mag. l. c. p. 311.

linienconvergenzgebilde aber wäre nach heutigem Sprachgebrauch ein „Vorgang im Aether“.

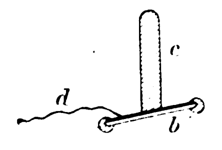
Die von Crookes begründete Hypothese, soweit sie bislang controlirbar ist, erklärt Kathodenstrahlen verschiedener Art als solche von verschiedener Geschwindigkeit. Wenn daher, wie Lenard [1]) gefunden hat, ein Strahl auch nach dem Passiren absorbirender Schichten seine kennzeichnenden Eigenschaften, wie etwa den Grad magnetischer Ablenkbarkeit, beibehält, so heisst das: die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wird durch Absorption und Diffusion nicht beeinflusst. Es würden hier bloss conservative Kräfte herrschen. Nach der Theorie bleibt die Geschwindigkeit ebenso erhalten bei der Richtungsänderung des Strahles durch ruhende Magnetkraftlinien. Anders im electrostatischen Felde. Der Charakter ein und desselben Kathodenstrahles im Erzeugungsrohre oder ausserhalb desselben darf nach der Convectionshypothese nur constant sein auf Strecken, wo ein etwaiges electrostatisches Potentialgefälle senkrecht auf der Strahlrichtung steht. Durch ein Lenard'sches Fenster getretene Kathodenstrahlen müssen beispielsweise die Geschwindigkeit Null annehmen, wenn sie an einen Ort gelangen, wo das Potential gleich dem der Kathode ist, von der sie ausgingen; sie werden einen zu diesem Potentiale geladenen Leiter also überhaupt nicht erreichen können, wenn nicht neue unbekannte Kräfte ins Spiel treten. Umgekehrt müssen die Kathodenstrahltheilchen in der Nähe positiv geladener Körper Beschleunigung erfahren und die magnetische Ablenkbarkeit des Strahles muss beim Austritt aus dem zur Erde abgeleiteten Fenster grösser sein als im Bereiche des positiven Conductors.

Einen ersten orientirenden Versuch in dieser Richtung zunächst in freier Luft anzustellen, empfahl sich nicht nur wegen der leichten Realisirbarkeit; es sprachen noch folgende Ueberlegungen mit. Die Goldstein'schen Deflexionserscheinungen sind durch die Messungen von Kaufmann und Aschkinass [2]) sowie von Tollenar [3]) als electrostatische Ablen-

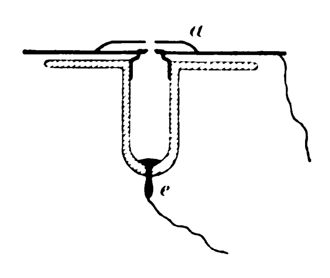
1) Lenard, Wied. Ann. **52.** p. 27. 1894.
2) l. c.
3) Beibl. zu Wied. Ann. **22.** p. 53. 1898.



kungen nachgewiesen worden. J. J. THOMSON[1]) und in strengerer Weise W. WIEN[2]) haben Richtungsänderungen durch electrostatisches Potentialgefälle in sehr grossem Vacuum nachgewiesen. So bliebe nur noch die Frage, ob Deflexion auch bei Atmosphärendruck stattfindet, das ist in einem Raum, in dem ich Kathodenstrahlen zur Zeit überhaupt nicht erzeugen kann. Verschiebungen der Grenzen von Kathoden-Strahlung und -Schatten dürften hier sehr schwierig sein. Von geradliniger Fortpflanzung ist ja kaum noch zu reden. Nach LENARD verschwindet schon bei 3 mm Abstand der Schatten eines 2 mm dicken Drahtes wegen Trübheit der Luft völlig. Da kann man nur versuchen, ob ein negativ geladener Körper nicht nach vorn einen Schatten wirft.



Dies ist nun wirklich der Fall. Zur Erzeugung der LENARD'schen Strahlen diente das an anderem Orte[3]) beschriebene Hartgummiröhrchen mit Hochfrequenzerregung. Das Fenster ist zur Erde abgeleitet; ebenso das zum Schutze gegen Funken noch aufgelegte Metalldiaphragma *a*. In 2 bis 4 cm Entfernung vor dem Fenster befindet sich der kleine Baryumplatincyanürschirm *b*. Er ist auf der Rückseite mit Stanniol belegt, wird vom isolirenden Stiele *c* getragen und ist am Rande durch einen Schellackwulst gegen Electricitätsausstrahlung geschützt. Der Draht *d* kann durch Umlegen eines Commutators abwechselnd mit der Erde oder mit dem positiven oder negativen Pol einer ganz kleinen Influenzmaschine verbunden werden. Leuchtet der Schirm bei Erdableitung schön und regelmässig, so wird er sofort dunkel, sobald man ihn auf nur wenige Millimeter Schlagweite negativ



1) l. c.
2) l. c.
3) Wied. Ann. 62. p. 134. 1897.

lädt. Es tritt diese scheinbare Zurückwerfung also augenscheinlich bei negativen Potentialen ein, die viel geringer sind als die, welche an der Kathode zur Erzeugung der Strahlen herrschen müssen. Gerade das war zu erwarten. Die von *b* nach dem Fenster verlaufenden Kraftlinien verzögern die Strahlgeschwindigkeit und die Strahlen der langsameren Gattung werden von der Luft stärker absorbirt als die ursprünglichen; sie bleiben in der Luft stecken. Ebenso entsprechen die Erscheinungen ganz den von der kinetischen Theorie vorausgesehenen Erwartungen, wenn wir den Schirm so weit abziehen, dass er im unelectrischen Zustande bei regelmässigem Inductoriumsspiele kaum noch von Strahlen getroffen wird und dann positiv laden: Die Strahlen werden länger, die Fluorescenz wächst.

Erweist sich die Deutung des Versuches als richtig, so hätten wir ein Mittel, Kathodenstrahlen solcher Gattungen in einem Raume etwa einem äussersten Vacuum zu verwirklichen, wie sie in diesem Raume weder direct erzeugt noch durch ein Fenster in ihn hineingeschickt werden können. Eine Erweiterung des magnetischen „Spectralbereiches“ scheint nicht ausgeschlossen. Dass dies die experimentelle Entscheidung mancher principiellen Frage sehr erleichtern würde, leuchtet ein. Auch die unlängst ausgesprochene Vermuthung[1]), ein von Lenard'schen Strahlen getroffener Körper möchte Röntgenstrahlen verschiedener Intensität und Absorbirbarkeit aussenden je nach dem Potentiale, auf dem er sich befindet, gewinnt an Wahrscheinlichkeit.

1) Wied. Ann. **62.** p. 142. 1897.

Ein Vorlesungsversuch zur Demonstration der Aenderung des Luftdruckes mit der Höhe; von E. Warburg.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 21. Januar 1898.)

(Vgl. oben p. 9.)

Das v. Hefner-Alteneck'sche Barovariometer eignet sich sehr gut zu Demonstrationen mancherlei Art in einem kleinen Auditorium; auf grössere Entfernungen aber sind die Bewegungen des kleinen Sperrtropfens doch nur schlecht erkennbar. Ich habe daher in Gemeinschaft mit Hrn. U. Behn, um die Abnahme des Luftdruckes mit wachsender Höhe zu zeigen, dem Experiment folgende Form gegeben.

Ein transportabler Argandbrenner wird mit einem hinreichend langen Schlauche an die Gasleitung angeschlossen und an einer Schnur befestigt, an der er eine gewisse Höhe — hier etwa 4 m — gehoben und wieder gesenkt werden kann. Es wird dann offenbar die Flamme desselben oben grösser sein, da der Druck des Leuchtgases nach Maassgabe der specifischen Gewichte weniger abgenommen hat als der der umgebenden Luft. Allerdings beträgt diese Differenz bei dem hier benutzten Höhenunterschied nur etwa 3 mm Wasser. Daraus folgt schon, dass das Experiment ohne weitere Vorsichtsmaassregeln bei normalem Gasdruck nicht gelingen kann; denn ein Grössenunterschied desselben von 5 bis 10 Proc. ist an der Flamme durch rohe Beobachtung nicht merklich.

Mindert man aber den Gasdruck, wie es hier geschehen ist, durch eine grosse MARIOTTE'sche Flasche [1]) auf ca. 10 mm herab, sodass der Argandbrenner auf dem Experimentirtisch nur eben, mit blauer Flamme, brennt, so wird beim Heben des Brenners die relative Zunahme des Gasdruckes — von nun 30 Proc. — sehr gut sichtbar, zumal da die Flamme im Steigen zu leuchten beginnt.

1) Nicht mittels des Gashahnes.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 17. **Nr. 4.**

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 18. Februar 1898.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. **M. Meyer** (a. G.) hielt einen von einer Demonstration begleiteten Vortrag

über die Function des Gehörorgans.

Hr. **E. Warburg** sprach darauf

zur Theorie der capillarelectrischen Erscheinungen (Erwiderung auf eine Bemerkung des Hrn. Ostwald).

Zur Theorie der capillarelectrischen Erscheinungen; von E. Warburg.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 18. Februar 1898.)

(Vgl. oben p. 23.)

§ 1. In einem Referat über eine Arbeit von Hrn. U. BEHN[1]) sagt Hr. OSTWALD[2]):

„Der Verfasser verwendet seine Versuchsergebnisse zu Gunsten der WARBURG'schen Leitungsstromtheorie, nach welcher die Aenderung der Oberflächenspannung daher rührt, dass das an der Quecksilberoberfläche befindliche Quecksilbersalz in seiner Concentration geändert wird, und die von ihrem Autor im Gegensatz zu der HELMHOLTZ'schen Ladungsstromtheorie gestellt worden ist. Vom Standpunkte der Ionentheorie besteht ein derartiger Gegensatz nicht, wie wiederholt ausgesprochen ist. Denn nach dieser erfolgt die Ladung des Capillarelectrometers allerdings insofern durch eine Leitung, als ein electrolytischer Vorgang an der Grenzfläche eintritt. Mit diesem electrolytischen Vorgange ist aber gleichzeitig ein electrostatischer verbunden, indem einerseits durch die positiven oder negativen Ionen, andererseits durch eine gleichwerthig entgegengesetzte electrostatische Ladung im Quecksilber eine Doppelschicht im HELMHOLTZ'schen Sinne hergestellt wird. Beide Vorgänge sind causal aneinander gebunden und können daher nicht als gegensätzlich aufgefasst werden. Eine electrische Doppelschicht erscheint als eine in den Grundlagen der Electric liegende Forderung überall, wo zwei Phasen mit einem electrischen Potentialunterschied aneinander grenzen; auch hat sich der zwischen ihrem Betrage und der Beeinflussung der Oberflächenspannung zu erwartende Zusammenhang immer nachweisen lassen."

Worin der Gegensatz der beiden Theorieen besteht, habe ich bei Begründung der meinigen auseinandergesetzt.[3]) Das

---

1) U. BEHN, Wied. Ann. **61.** p. 748. 1897.

2) W. OSTWALD, Zeitschr. f. physik. Chem. **25.** p. 188. 1898.

3) E. WARBURG, Wied. Ann. **41.** p. 1. 1890.

oben Citirte veranlasst mich, diesen Gegensatz hier nochmals zu präcisiren. Im Anschluss daran stelle ich die Ergebnisse einiger Untersuchungen zusammen, welche aus der Leitungsstromtheorie hervorgegangen sind.

§ 2. Macht man die Annahme, dass an der Grenze zweier Leiter *A* und *B*, zwischen denen eine electromotorische Kraft besteht, im mathematischen Sinne ein Sprung des electrischen Potentials stattfindet, so ist zur Erklärung desselben, wie zuerst Helmholtz[1]) hervorgehoben hat, an der Grenze der Leiter eine electrische Doppelschicht anzunehmen, deren Stärke der electromotorischen Kraft zwischen den Leitern proportional ist und sich daher entsprechend ändert, wenn jene electromotorische Kraft durch die Polarisation geändert wird. In der Natur muss die Veränderung des Potentials beim Uebergang von *A* nach *B* in einer Schicht von endlicher Dicke sich vollziehen.[2]) Man trägt diesem Umstand, ebenfalls nach v. Helmholtz[3]), annähernd Rechnung, indem man in die Theorie Doppelschichten von kleiner, aber endlicher Dicke einführt. Unter der Dicke ist der Abstand der Belegungen zu verstehen.[4])

In diesen Punkten, welche allein von Hrn. Ostwald berührt werden, kann also selbstverständlich von einem Gegensatz beider Theorieen nicht die Rede sein.

§ 3. Bekanntlich ist aber die Stärke einer Doppelschicht proportional dem Product aus ihrer Dicke δ in die Dichte h der positiven Belegung. Da man nun die Dicke der Doppelschicht nicht kennt, so sind über die Dichte verschiedene Annahmen möglich, und hier liegt der Gegensatz zwischen den beiden Theorieen. v. Helmholtz nimmt an, dass der ganze Polarisationsstrom zur Veränderung der Dichte der Belegungen verwandt wird, dass also im Electrolyten die Ionen, ohne sich

---

1) H. Helmholtz, Pogg. Ann. **89.** p. 211—233. 1853. Wissensch. Abh. **1.** p. 489.

2) H. Helmholtz, Wied. Ann. **7.** p. 337—380. 1879.

3) H. Helmholtz, l. c.

4) Man würde der Wirklichkeit wohl noch näher kommen, wenn man anstatt der flächenhaften eine passende räumliche Vertheilung der Electricität in der Grenzschicht annähme. Indessen liegt bis jetzt kaum ein Grund vor, diese Anschauung in die Theorie einzuführen.

von ihren Ladungen zu trennen, an die eine Seite der Doppelschicht herangeführt werden (Ladungsstromtheorie), während ich annehme, dass nur ein sehr kleiner Theil des Polarisationsstromes zur Veränderung der Ladung der Doppelschicht verwandt, der grösste Theil der Ionen also im electrisch neutralen Zustand ausgeschieden wird (Leitungsstromtheorie). Das bringt mit sich, dass die Dichte der Doppelschicht nach der Leitungsstromtheorie eine viel kleinere ist, als nach der Ladungsstromtheorie.

Ich will die Zulässigkeit meiner Annahme durch folgendes Zahlenbeispiel erläutern. Die HELMHOLTZ'sche Annahme erfordert, wenn sie richtig sein soll, eine ganz bestimmte Dicke der Doppelschicht; d. h. die Dicke kann nach dieser Annahme aus den Versuchen berechnet werden, und Hr. LIPPMANN[1]) findet dafür $1/35 . 10^6$ mm. Die Annahme nun, dass die Dicke der Doppelschicht 1000mal grösser, d. h. 1/35000 mm sei, ist zwar nicht mit der HELMHOLTZ'schen Theorie verträglich, widerspricht aber keiner beobachteten Thatsache; unter dieser Annahme aber würde die Electricitätsmenge, welche, der Grenzschicht aus dem Electrolyten als Ladung zugeführt, die electromotorische Kraft beispielsweise um ein Volt verändert, den tausendsten Theil der nach HELMHOLTZ erforderlichen Menge betragen, d. h. ein praktisch verschwindender Theil des ganzen Stromes sein.

Kurz: für eine gegebene electromotorische Kraft zwischen dem Quecksilber und dem Electrolyten fordern die beiden Theorieen Doppelschichten von gleicher Stärke, aber von sehr verschiedener Dicke, und zwar ist diese Dicke nach der Leitungsstromtheorie ausserordentlich viel grösser, als nach der Ladungsstromtheorie.

§ 4. Hieraus geht weiter hervor, dass die fraglichen Theorieen von der durch die Polarisation bewirkten Aenderung der Oberflächenspannung im Capillarelectrometer in sehr verschiedener Weise Rechenschaft geben. Die Doppelschicht verkleinert durch die in ihr wirksamen electrostatischen Abstossungskräfte die Oberflächenspannung um den Betrag $2\pi h^2 \delta$, wo h die Dichte in electrostatischem Maass, δ die

1) G. LIPPMANN, Journ. de phys. (2) 2. p. 116. 1883.



Dicke der Doppelschicht bedeutet. Ist also T_0 der Werth, welchen die Oberflächenspannung ohne Doppelschicht aufweisen würde, T der wirklich beobachtete Werth, dann ist

(1) $$T = T_0 - 2\pi h^2 \delta.$$

Nach HELMHOLTZ ist T_0 von der Polarisation unabhängig, und deren Wirkung kommt lediglich auf die Veränderung des Gliedes $2\pi h^2 \delta$ hinaus. Im natürlichen, unpolarisirten Zustand des Meniscus hat man sich nach HELMHOLTZ die negative Seite der Doppelschicht im Electrolyten, die positive im Quecksilber zu denken. Die Doppelschicht wird mithin durch kathodische Polarisation geschwächt und schliesslich vernichtet ($h = 0$); dies entspricht dem Maximum der Oberflächenspannung T_0. Bei weiter gesteigerter kathodischer Polarisation entsteht eine Doppelschicht, welche ihre positive Seite gegen den Elektrolyten kehrt und wiederum die Oberflächenspannung verkleinert. Diese Theorie ergiebt also, dass beim Maximum der Oberflächenspannung die Doppelschicht verschwindet, mithin Quecksilber und Electrolyt dasselbe Potential haben.

Auch nach der Leitungsstromtheorie besteht die Gleichung (1). Da aber in beiden Theorien $h \cdot \delta$ denselben Werth hat, während h nach der Leitungsstromtheorie einen Werth besitzt, der sehr klein ist gegen den von der Ladungsstromtheorie geforderten, so kommt in jener Theorie das zweite Glied nicht in Betracht, und Gleichung (1) reducirt sich praktisch auf

(1a) $$T = T_0 \ldots$$

Durch die Polarisation wird aber nach dieser Theorie T_0 verändert, indem die chemische Beschaffenheit der Grenzschicht durch die Polarisation geändert wird. Diese Veränderung würde also bestehen bleiben, wenn man sich die Doppelschicht entfernt dächte.

§ 5. Die von Hrn. LIPPMANN erfundene Methode zur Messung electromotorischer Kräfte durch das Capillarelectrometer bleibt natürlich bestehen, welche Theorie man auch annehmen mag, doch erlangen die capillarelectrischen Erscheinungen für die Anhänger der HELMHOLTZ'schen Theorie eine weitere wichtige Bedeutung, indem der aus dieser Theorie sich ergebende Satz, nach welchem die zum Maximum der Ober-



flächenspannung polarisirte, sowie eine schnell sich vergrössernde Quecksilberoberfläche das electrische Potential des Electrolyten besitzt, ein Mittel an die Hand geben würde, Potentialdifferenzen zwischen Metallen und Electrolyten zu messen. In dieser Richtung bewegen sich Arbeiten des Hrn. OSTWALD u. a. Die Anhänger der Leitungsstromtheorie acceptiren die Resultate dieser Untersuchungen nicht, sofern der zu Grunde liegende Satz nicht unabhängig von der HELMHOLTZ'schen Annahme erwiesen ist.

Freilich könnte es auf den ersten Blick scheinen, als sei ein experimenteller Beweis für die Richtigkeit der Methode durch eine Arbeit von Hrn. V. ROTHMUND [1]) erbracht worden. Derselbe maass nach dieser Methode mittels Electroden, welche er zum Maximum der Oberflächenspannung polarisirte, die electromotorische Kraft e_1 zwischen einem Metall M_1 und einem Electrolyten F_1 $(e_1 = (M_1, F_1))$; ebenso für ein anderes Metall M_2 und einem anderen Electrolyten F_2 die electromotorische Kraft $e_2 = (M_2, F_2)$. Hierauf construirte er aus den hintereinander gesetzten Körpern M_1, F_1, F_2, M_2 ein galvanisches Element und maass dessen electromotorische Kraft E. Vernachlässigt man die electromotorische Kraft zwischen den Metallen M_1 und M_2, sowie die zwischen den Electrolyten F_1 und F_2, so musste sich, falls e_1 und e_2 richtig gemessen waren, ergeben

$$E = e_1 - e_2. \tag{2}$$

Lässt man aber die HELMHOLTZ'sche Theorie zunächst dahingestellt, so hat Hr. ROTHMUND $e_1 + x_1$ und $e_2 + x_2$ gemessen, wo x_1 und x_2 die Potentialunterschiede zwischen den betreffenden Electrolyten und den zum Maximum der Oberflächenspannung polarisirten Quecksilber- oder Amalgamoberflächen bedeuten.

Sei

$$E' = e_1 + x_1 - (e_1 + x_2). \tag{2a}$$

Für die Fälle, in welchen annähernd bei Hrn. ROTHMUND $E = E'$ sich ergab — was nicht immer zutraf — folgt also, dass annähernd

$$x_1 = x_2,$$

dabei braucht die Forderung der HELMHOLTZ'schen Theorie

1) V. ROTHMUND, Zeitschr. f. physik. Chem. **15.** p. 1. 1894.

$x_1 = x_2 = 0$ auch nicht annähernd erfüllt zu sein. Hierauf hat bereits im wesentlichen Hr. G. Meyer[1]) hingewiesen.

Noch mag erinnert werden, dass von Hrn. Nernst[2]) gegen die auf Grund der Helmholtz'schen Theorie vorgenommenen Bestimmungen von Potentialdifferenzen zwischen Metallen und Electrolyten Bedenken geltend gemacht worden sind.

§ 6. Die Leitungsstromtheorie stellt ihren Anhängern die Aufgabe, in jedem besonderen Falle festzustellen, welche chemische Veränderung der Grenzfläche durch die Polarisation hervorgerufen wird und die beobachtete Veränderung der Oberflächenspannung bewirkt. In dieser Richtung bewegen sich Arbeiten von Hrn. G. Meyer und eine von Hrn. U. Behn. Ich will einige der Ergebnisse dieser Untersuchungen hier anführen.

§ 7. Stellt man die Oberflächenspannung als Function der kathodischen Polarisation graphisch dar, so erhält man eine Curve, welche die Oberflächenspannungscurve heissen mag und welche für den Fall des Lippmann'schen Capillarelectrometers aus einem aufsteigenden und einem absteigenden Ast besteht.

Die Erklärung des aufsteigenden Astes habe ich auf die Thatsachen gegründet, dass 1. nachweisbar Quecksilber in der Schwefelsäure als Quecksilbersalz (nach U. Behn[3]) als Oxydulsalz) in Lösung geht, und das 2. Zusatz von Quecksilbersalz zur Schwefelsäure ohne Einwirkung einer äusseren polarisirenden Kraft die Oberflächenspannung der Grenzfläche herabsetzt. Indem ich die nach neueren Versuchen von U. Behn nahe zutreffende Annahme hinzufügte, dass der Polarisationsstrom bis auf einen nicht zu berücksichtigenden Theil ein Leitungsstrom ist, welcher an der Kathode metallisches Quecksilber ausfällt, an der Anode neues Quecksilber in Lösung bringt, gelangte ich zu dem Schlusse: 1. dass die electromotorische Kraft des polarisirten Electrometers die des Concentrationselementes ist, in welches durch den Polarisationsstrom das unpolarisirte Electrometer verwandelt wird, 2. dass an dem kathodischen

1) G. Meyer, Wied. Ann. 56. p. 680. 1895.

2) W. Nernst, Ueber Berührungselectricität, Referat für die 68. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte 1896.

3) U. Behn, l. c.

Meniscus die Oberflächenspannung steigt, weil dort die Concentration des Quecksilbersalzes verringert wird.

Eine weitere Stütze erhält diese Theorie durch gewisse Versuche von G. MEYER [1]). Derselbe ersetzte das Quecksilber im Capillarelectrometer durch Amalgame von Metallen (Cu, Pb, Cd, Sn, Zn), welche sich gegen Quecksilber anodisch verhalten, also dieses aus Lösungen fällen, sodass der Hauptsache nach nicht Quecksilber, sondern nur das im Amalgam enthaltene Metall in Lösung gehen kann. Durch den Polarisationsstrom würde also in diesem Fall jenes Metall aus der Lösung an der Kathode ausgefällt werden. Hr. G. MEYER fand nun, dass Zusatz eines Salzes des im Amalgam vorhandenen Metalles bei Ausschluss äusserer polarisirender Kräfte die Oberflächenspannung in einigen Fällen herabsetzt, in anderen aber nicht. Nach der fraglichen Theorie sollte in jenen Fällen ein aufsteigender Ast in der Oberflächenspannungscurve vorhanden sein, in diesen aber nicht. Diese Folgerung fand Hr. MEYER durch den Versuch bestätigt.

§ 8. Die Erklärung des absteigenden Astes der Oberflächenspannungscurve nach der Leitungsstromtheorie hat zuerst Hr. G. MEYER [2]) für eine Reihe von Fällen gegeben. Benutzt man im Capillarelectrometer $ZnSO_4$ anstatt H_2SO_4, so erhält man eine Oberflächenspannungscurve mit auf- und absteigendem Ast, letzterer geht schliesslich in eine zur Abscissenaxe parallele Gerade über, welche der Oberflächenspannung von Zinkamalgam in $ZnSO_4$ entspricht. Aus diesem Verhalten schliesst Hr. MEYER, wie ich glaube, mit Recht, dass der absteigende Ast durch Bildung von Zinkamalgam entsteht. In vielen ähnlichen Fällen konnte er den absteigenden Ast in gleicher Weise auf Amalgambildung zurückführen. [3]) Nur für den Fall des ursprünglichen LIPPMANN'schen Capillarelectrometers ist die Erklärung des absteigenden Astes noch nicht gelungen, und es liegt hier für die Leitungsstromtheorie ein ungelöstes Problem vor.

---

1) G. MEYER, Wied. Ann. **53**. p. 846. 1894.

2) G. MEYER, Wied. Ann. **45**. p. 108. 1892.

3) Hr. MEYER wird demnächst einige weitere Angaben hierüber mittheilen.

§ 9. Im allgemeinen steht der experimentellen Ermittelung der durch die Polarisation bewirkten chemischen Veränderung der Grenzfläche und damit der exacten Durchführung der Leitungsstromtheorie die Schwierigkeit im Wege, dass bei der kurzen Dauer des Polarisationsstromes die Producte der Electrolyse hier nur in minimaler Menge auftreten und so der chemischen Analyse unzugänglich sind. Diese Schwierigkeit kann in vielen Fällen nach Hrn. U. Behn[1]) dadurch überwunden werden, dass man durch Bewegung des Electrolyten die Neubildungen an der Grenzfläche hinwegspült und durch fortgesetzte Einwirkung der polarisirenden Kraft immer wieder hervorruft, sodass sie schliesslich im Electrolyten in hinreichender Menge vorhanden sind, um durch chemische Analyse bestimmt zu werden. Hr. Behn hat nach dieser Methode zunächst gefunden, dass im Lippmann'schen Capillarelectrometer bei einer angelegten Kraft von 0,5 Volt und einem specifischen Gewicht 1,05 der Säure, 94 Proc. des ganzen Polarisationsstromes an der Kathode zur Ausfällung von metallischem Quecksilber verwandt werden. Daraus würde folgen, dass das Glied $2\pi h^2 \delta$ in Gleichung (1) höchstens $^6/_{100}$ des aus der Helmholtz'schen Theorie abgeleiteten Werthes beträgt und damit für diesen Fall der Gegensatz zwischen der Ladungs- und Leitungsstromtheorie im wesentlichen zu Gunsten der letzteren entschieden sein.

§ 10. *Historisches.* Es ist von Interesse zu bemerken, dass die hier discutirten Theorieen der Polarisation gleich nachdem diese durch Gautherot und Ritter entdeckt worden war, dem Grundgedanken nach beide aufgestellt sind. Ritter[2]) selbst erklärte die Polarisation seiner Ladungssäule durch electrische Ladungen der Metallplatten, Volta[3]) hingegen durch die vom Strom bewirkten chemischen Veränderungen der Grenzflächen. Nach Volta ist daher die Ritter'sche Ladungssäule non una pila che carica, ma bensi una pila che si

1) U. Behn, l. c.

2) J. W. Ritter, Voigt's Neues Magazin **6.** p. 193. 1803. Freilich scheint Ritter sich von der Art der Ladung keine klare Vorstellung gebildet zu haben.

3) Volta nach einem Brief von Brugnatelli an van Mons, Gilb. Ann. **19.** p. 490. 1805.

cangia.[1]) Diese VOLTA'sche Ansicht scheint seitdem die Vorstellungen ziemlich beherrscht zu haben, bis VARLEY[2]) in England wieder die Analogie einer polarisirten Zelle mit einem Condensator von grosser Capacität geltend machte. HELMHOLTZ schliesslich behandelte die polarisirte Zelle geradezu als zwei hintereinander gesetzte Condensatoren von grosser und constanter Capacität und gelangte so zu einer in sich völlig consequenten, äusserst anschaulichen Theorie der capillarelectrischen Phänomene, an der man nur bedauern kann, dass sie mit den Thatsachen nicht besser übereinstimmt. Die Leitungsstromtheorie stellt sich hiernach nicht als eine Neuerung, sondern als eine Rückkehr zu Anschauungen dar, welche erst vor verhältnissmässig kurzer Zeit verlassen wurden.

In seinem Referat über Berührungselectricität sagt Hr. NERNST[3]), ich hätte bereits darauf hingewiesen, dass für die Polarisation des Quecksilbers Spuren gelösten Metallsalzes maassgebend seien. Er fügt hinzu, eine specielle Theorie der Polarisation liesse sich wohl nur mit Hinzuziehung der electrolytischen Dissociationstheorie von ARRHENIUS und der Benutzung einer von Hrn. NERNST gegebenen Formel gewinnen. Dazu möchte ich mir die Bemerkung erlauben, dass die electrolytische Dissociation, welche in den Ausdruck für die electromotorische Kraft eingeht, bereits in meinem ersten Aufsatz[4]) über diesen Gegenstand berücksichtigt wurde.

Berlin, 15. Februar 1898.

---

1) VOLTA, Wied. Galvanismus 3. Aufl. p. 643.

2) VARLEY, Proc. Roy. Soc. Jan. 12. 1871; Phil. Mag. (4) **41.** p. 310—314.

3) W. NERNST, l. c.

4) E. WARBURG, Wied. Ann. **38.** p. 330. 1889; Wied. Ann. **41.** p. **11.** 1890.

Minimale Druck- und Temperaturschwankungen in der Atmosphäre; von Jul. H. West.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 21. Januar 1898.)

(Vgl. oben p. 23.)

Während der letzten Monate habe ich mit Hülfe eines recht empfindlichen HEFNER-ALTENECK'schen Variometers Beobachtungen angestellt, deren Ergebniss ich mir gestatten möchte, Ihnen mitzutheilen.

Der benutzte Apparat, Fig. 1, weicht in einigen Einzelheiten von der HEFNER-ALTENECK'schen Bauart ab. Zunächst ist das Ausgleichsrohr *a*, welches v. HEFNER-ALTENECK als Spitzenrohr ausgebildet hatte, durch einen etwa 3 mm langen Pflock *h* aus Kienholz (Streichholz) am unteren Ende verschlossen; durch die Poren dieses mit Wachs eingekitteten Pflockes kann die Luft genügend schnell aus- und einströmen. Diese Anordnung ist aus zwei Gründen dem Spitzenrohr vorzuziehen; erstens sammelt sich bei feuchter Witterung, wenn der Apparat im Freien aufgestellt ist, schnell Wasser in der Spitze an und verschliesst diese; zweitens ist es, da die Spitze sehr fein sein muss, schwierig, zwei gleich weite Rohrspitzen zu erzielen; deshalb zeigen zwei nebeneinander stehende Apparate, da der Ausgleich durch die Spitze die Bewegungen des Tropfens im Messrohr dämpft, meist verschieden. Diese Schwierigkeiten habe ich mit Hülfe des Holzpflockes überwunden. Um zu verhindern, dass die Feuchtigkeit der Aussenluft vom Holzpflock aufgesaugt wird und die Poren desselben

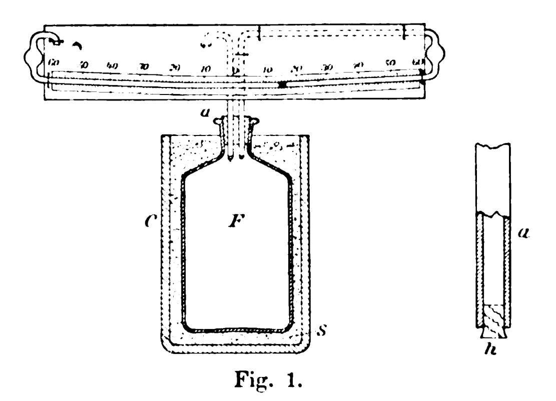


Fig. 1.

verschliesst, ist das Aussenende des Rohres erweitert, sodass es einen kleinen Pfropfen aus Watte aufnehmen kann, welch letztere die einströmende Luft genügend austrocknet.

Das Messrohr, d. h. das Stück, in welchem der Tropfen sich bewegt, besteht aus drei geraden Strecken, von denen die mittlere horizontal ist; durch diese Bauart soll bezweckt werden, den Apparat gegenüber den kleinsten Druckschwankungen namentlich bei stillem Wetter recht empfindlich zu machen. Die Dämpfung der Tropfenbewegung durch die Wirkung des Ausgleichsrohres ist nämlich grösser, wenn der Tropfen sich bergan als wenn er sich auf einer horizontalen Strecke bewegt; deshalb zeigt die ursprüngliche Bauart mit einem gleichmässig gekrümmten Messrohre viele kleinere oder langsamere Druckänderungen nicht an.

Der Rauminhalt der Flasche F ist 8,492 l; zur Isolation gegen äussere Wärmeeinwirkungen dient das Cylinderglas C und Sägespäne S; die letzteren sind oben mit Talg begossen, damit sie nicht vom Winde weggeweht werden. Die lichte Weite des Messrohres ist 2,5 mm; die Berechnung ergiebt, dass ein Rohrabschnitt von etwa 2,4 mm Länge gleich ist $^1/_{760000}$ des Flascheninhaltes, d. h. ein Scalentheil von 2,4 mm Länge würde bei einem Luftdruck von 760 mm einer Druckänderung von $^1/_{1000}$ mm Quecksilbersäule entsprechen, wenn der Apparat nicht mit einer Reihe von Fehlerquellen behaftet wäre, die ich kurz anführen möchte.

1. Die Scalentheile gelten für isothermische Volumenänderung; in der Flasche erfolgt indessen keine isothermische, sondern eine adiabatische Veränderung des Volumens; wenn der äussere Druck steigt, so wird die Luft in der Flasche zusammengedrückt und ihre Temperatur steigt, — umgekehrt, wenn der äussere Druck abnimmt. In beiden Fällen wird die Bewegung des Tropfens verkleinert. Die Temperaturänderung lässt sich aus der bekannten Gleichung

$$T - T' = T'\left[\left(\frac{p}{p'}\right)^{1-\frac{1}{k}} - 1\right]$$

berechnen, in welcher T und T' die absoluten Temperaturen bei den Drucken p und p' sind, und k das Verhältniss der beiden specifischen Wärmen, $C_p : C_v$ bedeutet. Aus der sich



ergebenden Temperaturdifferenz lässt sich der Fehler dann berechnen, — er beträgt ungefähr 27 Proc.; da jedoch ein Wärmeausgleich zwischen der Innenluft und der Flaschenwandung stattfindet, so ist der wirkliche Fehler etwas kleiner.

2. Die Scalentheile gelten für einen Druck von 760 mm; es ist deshalb eine Correctur nothwendig, welche den augenblicklichen Luftdruck berücksichtigt.

3. Da die Temperatur in der Flasche sich mit der Aussentemperatur langsam ändert, so muss auch die Aenderung der ersteren berücksichtigt werden.

Der Petroleumtropfen benetzt die innere Röhrenwandung und zwar bleibt um so mehr Petroleum an derselben haften, je schneller der Tropfen sich vorwärts bewegt. Dies wirkt in verschiedener Beziehung fehlererregend, nämlich:

4. Die lichte Weite des Rohres ändert sich, sodass der wahre Abschnitt des Rohres, welcher $^1/_{1000}$ mm Quecksilbersäule entspricht, keine feste Länge hat. Die Theile der Scala gelten für das vollkommen trockene Rohr.

5. Um den Tropfen zu bewegen, ist infolge seiner Reibung an der Wandung ein Ueberdruck nothwendig, welcher um so grösser sein muss, je weniger Petroleum an der Wandung haftet.

6. Die Reibung wirkt ebenfalls hemmend während der Bewegung und zwar um so mehr, je schneller der Tropfen sich bewegt, weshalb bei lebhaften Schwankungen die angezeigten Druckänderungen nicht unerheblich zurückbleiben hinter den wirklichen.

Zu diesen Fehlern, welche für das *ganze* Rohr gelten, d. h. sowohl für das mittlere horizontale, wie für die beiden geneigten Stücke, kommen noch zwei Fehlerquellen, welche nur für die beiden geneigten Stücke gelten.

7. Wenn der Tropfen im linken geneigten Stück steht, so hat er das Bestreben, sich nach unten zu bewegen, und er presst dabei die Luft in der Flasche zusammen mit einer Kraft, welche der senkrechten Componente seiner Schwerkraft entspricht. Es ist also Gleichgewicht vorhanden, wenn die Componente seiner Schwerkraft parallel zum Rohre gleich dem Ueberdruck auf die Endfläche des Tropfens ist. Nun ist, wie vorhin erwähnt, die Endfläche, d. h. die lichte Weite des



Rohres nicht constant, da zuweilen mehr, zuweilen weniger Petroleum an der Wandung sitzt. Auch das Gewicht des Tropfens schwankt, je nach der augenblicklichen Länge des letzteren.

8. Infolge der Zusammenpressung der Luft in der Flasche durch den Tropfen, wenn er in dem linken geneigten Stück steht, ist der Druck innerhalb der Flasche grösser als ausserhalb derselben; deshalb wird die Luft durch den Holzpflock des Ausströmungsrohres hinausgepresst und der Tropfen bewegt sich langsam nach unten. Umgekehrt, wenn der Tropfen in dem rechten geneigten Stück der Flasche sich befindet; alsdann wird die Luft in der Flasche etwas verdünnt, sodass die äussere Luft durch das Ausgleichsrohr hineinströmt. Dieser Fehler lässt sich ziemlich genau wegcorrigiren, indem man vor der Zusammensetzung des Apparates das untere Ende der beiden Röhren mittels eines kurzen Gummischlauches miteinander verbindet und alsdann die Geschwindigkeit bestimmt, mit welcher der Tropfen in jedes der beiden geneigten Stücke nach unten sich bewegt. Bei der Aufzeichnung der Curven braucht man alsdann nur eine Hülfsabscissenaxe zu zeichnen, welche gegen die eigentliche Abscissenaxe um so viel geneigt ist, als es der erwähnten Abwärtsbewegung des Tropfens entspricht.

9. Es ist fast unmöglich, Röhren zu bekommen, welche in Bezug auf Grösse und Form des inneren Canals auf längeren Strecken ganz gleichmässig sind; die geringste Verminderung der lichten Weite bewirkt aber durch Capillarität Fehler. Die schwierigsten Stellen bieten die beiden Knie; indem ich das Rohr beim Biegen einem inneren Druck unterwarf, ist es mir gelungen, brauchbare Rohre zu erzielen.

Nur die gröbsten von diesen Fehlern lassen sich einigermaassen zahlenmässig verfolgen; der Apparat gestattet also. selbst wenn die Aufnahmen corrigirt werden, keine genaue Messung der auftretenden Druckschwankungen. Immerhin dürften die aufgenommenen Curven ein einigermaassen zutreffendes Bild von den Druckschwankungen geben.

Mit Hülfe dieses Apparates sind im Laufe der letzten Monate eine grössere Anzahl von Druckcurven im Freien aufgenommen worden; soweit meine Beobachtungen reichen, hat

es sich gezeigt, dass der Luftdruck nie constant ist. Die Druckschwankungen verlaufen jedoch ganz verschieden und stets unregelmässig; sie sind um so grösser, je lebhafter die Luftbewegung, d. h. je stärker der Wind ist; dabei ist es bemerkenswerth, dass die kleinen Minima stets mit einer momentanen Verstärkung des Windes zusammenfallen. Von den aufgenommenen Curven sind zwei in Fig. 2 und 3 dargestellt; die erste zeigt die Druckschwankungen, wie sie vom Apparat angezeigt wurden, bei etwas unruhigem Wetter, die letztere Figur dagegen bei fast unmerklichem Winde.

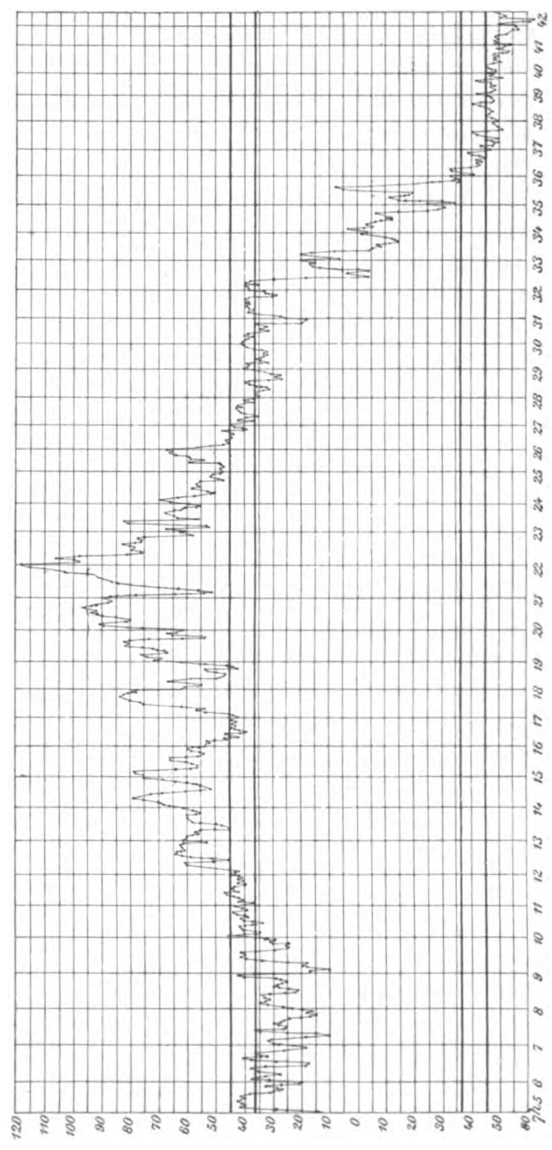


Fig. 2.

Die Ursache dieser kleinen Druckschwankungen dürfte sein, dass die Luftmassen, wenn sie infolge der bekannten Ursachen über die Erde hinstreichen, auf zahlreiche Hindernisse stossen, sodass sie bei der Vor-

wärtsbewegung getheilt werden; wenn sie dann hinter einem solchen Hinderniss wieder aufeinander prallen, so gerathen sie infolge ihrer Elasticität in Schwingungen, die sich dann in Form von Longitudinalwellen weiter fortpflanzen. Solche Wellen werden auch durch die wellenförmige Oberfläche der Erde hervorgerufen und ebenso entstehen derartige Wellen, wenn Luftströmungen verschiedener Richtungen über oder nebeneinander im Luftmmeer stattfinden.

Was der Apparat anzeigt, das sind also lediglich die vom Winde erzeugten Wellen im Luftmeere und deshalb möchte ich, da der Name Variometer auch für einen anderen Apparat gebraucht worden ist, für das v. HEFNER-ALTENECK'sche Luftdruckvariometer die Bezeichnung „Wellenmesser“ vorschlagen.

Ich möchte an dieser Stelle betonen, dass, wenn meine

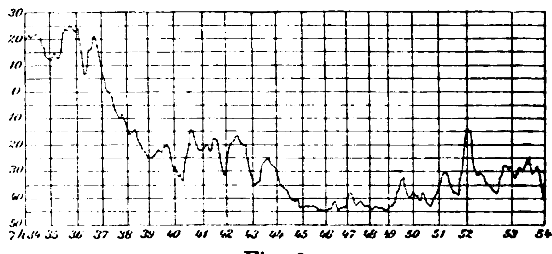


Fig. 3.

vorstehende Darstellung richtig ist, den von dem Apparate angezeigten Druckschwankungen wohl kaum eine prognostische Bedeutung zukommen kann. Das, was der Apparat anzeigt, sind, wie ich annehme, lediglich die durch die augenblickliche Windbewegung hervorgerufenen Luftwellen, also erst eine secundäre Erscheinung. Die Druckschwankungen sind, soweit meine bisherigen Beobachtungen reichen, um so grösser und schneller, je lebhafter der Wind ist; sie verschwinden nie ganz. Im allgemeinen scheint es, als ob man die Curven zerlegen kann in grosse langsame Wellenzüge von wenigen Oscillationen in der Stunde — beiläufig gesagt, etwa 2 bis 10 —, welche durch die Einwirkung verschiedener Luftströmungen aufeinander hervorgerufen werden, und in kleinere ganz unregelmässige Wellen, welche auf der grösseren Welle superponirt sind, und durch die zahlreichen Hindernisse, welche die Luft an der Erdoberfläche findet, hervorgerufen werden.

Die Beobachtung, dass der Luftdruck nie constant ist, sondern sich immer ändert, ist nicht neu, sondern im wesentlichen schon im Jahre 1873 von F. Kohlrausch gemacht worden, welcher darüber berichtet hat.[1]) Es sind dort zwei Curven enthalten, welche mit denjenigen, die ich aufgenommen habe, ganz gut übereinstimmen, aus denen indessen hervorzugehen scheint, dass der Wellenmesser, wie ich ihn ausgestaltet habe, erheblich empfindlicher ist, als das damals von Kohlrausch benuzte Anäroidbarometer mit Spiegelablesung, denn die kleinsten Schwankungen kommen bei meinen Curven viel schärfer zum Ausdruck. Die Kohlrausch'schen Curven sind im Zimmer an der Leeseite des Hauses bei geöffnetem Fenster aufgenommen, dagegen hatte ich bei der Aufnahme der Curven Fig. 2 und 3 den Apparat im Freien vor den Fenstern stehen. Andere Curven habe ich auf freiem flachen Felde in erheblicher Entfernung von Wohnhäusern und Bäumen aufgenommen.

Die Ueberlegung liegt nahe, dass infolge der fortwährenden Zusammendrückung und Ausdehnung der Luft unter dem Einflusse des schwankenden Druckes auch die Temperatur der Luft sich ändert, und zwar muss die Temperaturcurve genau parallel laufen mit der Druckcurve. Ich habe versucht, mit einfachen Mitteln zu prüfen, ob dies zutrifft; es diente dazu ein Differentialluftthermometer, bestehend aus zwei Glaskolben von gleichem Volumen (etwa 1,7 l), welche mittels eines Messrohres, in welchem ein Petroleumtropfen sich bewegt, verbunden waren. Der eine Glaskolben ist mit Hülfe von Sägespänen und eines grösseren Cylinderglases gut isolirt, während der andere Kolben aus einem sehr dünnwandigen Ballon besteht. Die Wandstärke berechnet sich aus dem Gewicht zu ungefähr 0,2 mm. Einem Scalentheil von 1 mm Länge entspricht eine Temperaturzunahme von $^4/_{100000}\,^0$C. Der Apparat ist hier ausgestellt; er ist, wie Sie sehen, äusserst empfindlich, denn halte ich die Hand nur 2 bis 3 Secunden in $^1/_4$ m Entfernung von der Flasche, so bewegt sich der Tropfen schnell fort. Da es sich um schnelle Temperaturschwankungen handelt, welche nachgewiesen werden sollen, so kann es sich na-

1) F. Kohlrausch, Pogg. Ann. 150. p. 423–425. 1873.

türlich um genaue Messungen nicht handeln, da die grosse Luftmasse in dem Ballon erhebliche Zeit gebraucht, um gleichmässig erwärmt oder abgekühlt zu werden. Es würde aber auch für den Zweck vollständig genügen, wenn eine Uebereinstimmung zwischen der Druck- und Temperaturcurve so weit zu erlangen wäre, dass Zunahme und Abnahme bei beiden Curven gleichzeitig erfolgt.

Es hat sich nun gezeigt, dass eine solche Uebereinstimmung nur selten constatirt werden kann. Im allgemeinen sind die Temperaturänderungen, welche in der Nähe unserer Wohnungen — jedenfalls jetzt im Winter, wenn die Wohnungen geheizt werden — auftreten, bei weitem grösser als die Temperaturänderungen, welche nachgewiesen werden sollten. Dies gilt nicht nur in der unmittelbaren Nähe der Häuser, sondern selbst in erheblicher Entfernung von denselben. Ich habe beispielsweise auf flachem Felde zwischen Friedenau und Südende Curven aufgenommen, aus denen hervorgeht, dass die von diesem Thermometer angezeigten Temperaturschwankungen viel grösser sind, als die theoretisch sich ergebenden, trotzdem die Entfernung bis zu den nächsten Häusern in der Windrichtung nahe an 1,5 km betrug. Deshalb wird es nothwendig sein, um diese Temperaturschwankungen nachzuweisen, hinauszuziehen in erheblich grössere Entfernung von menschlichen Wohnungen, und natürlich wird es sich da empfehlen, mit empfindlicheren Apparaten, z. B. mit einem Bolometer, die Untersuchungen anzustellen.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 17. **Nr. 5.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 4. März 1898.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. **F. Kurlbaum** spricht

über quantitative Bestimmung der Strahlung des schwarzen Körpers.

Hr. **E. Budde** spricht dann

über die Dimensionen der electrischen und magnetischen Einheiten.

Hr. **H. Rubens** berichtet nach gemeinsam mit Hrn. **E. Aschkinass** ausgeführten Versuchen

über die Eigenschaften der Reststrahlen des Steinsalzes.

Hr. E. WARBURG legt darauf eine Mittheilung des Hrn. **G. Meyer** vor

über die Beziehungen zwischen der Oberflächenspannung einiger Amalgame gegen Electrolyte und den capillarelectrischen Phänomenen.

Ueber die Eigenschaften der Reststrahlen des Steinsalzes; von H. Rubens und E. Aschkinass.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 4. März 1898.)

(Vgl. oben p. 41.)

Unter den Reststrahlen einer Substanz verstehen wir denjenigen Theil der Gesammtstrahlung einer beliebigen Lichtquelle, welche nach vielfacher Reflexion an Oberflächen der betr. Substanz übrig bleibt. Die mittlere Wellenlänge dieser Strahlen entspricht also demjenigen Spectralgebiet, in welchem die untersuchte Substanz metallische Reflexion besitzt. In einer kürzlich erschienenen Abhandlung hat der eine von uns[1]) in Gemeinschaft mit Herrn E. F. Nichols das Vorhandensein solcher Reststrahlen für eine Reihe von Substanzen (Quarz, Glimmer, Fluorit, Steinsalz) nachgewiesen und deren Eigenschaften näher untersucht. Allerdings gelang es nur bei den drei ersten der genannten Substanzen, Reststrahlen von ausreichender Intensität zu erhalten, um ein eingehendes Studium ihrer Eigenschaften, insbesondere die Messung ihrer Wellenlänge zu ermöglichen. Es ergab sich, dass diesen Strahlen, insbesondere den Reststrahlen des Flussspath, in Uebereinstimmung mit den Dispersionstheorien von Ketteler und Helmholtz eine sehr grosse Wellenlänge, 24,4 μ, zukommt und dass dieselben nur noch von wenigen Substanzen und auch von diesen nur in geringen Schichtdicken, hindurchgelassen werden. Von den Reststrahlen des Steinsalzes war trotz Anwendung starker Lichtquellen mit Hülfe des Bolometers nach fünffacher Reflexion nur noch ein Ausschlag von 5 mm zu erhalten. Diese geringe Wirkung genügte noch, um zu constatiren, dass diese

1) H. Rubens u. E. F. Nichols, Wied. Ann. 60. p. 418. 1897.



Strahlen von Steinsalz, Sylvin und Chlorsilber absorbirt, dagegen von Paraffin in beträchtlichem Maasse hidurchgelassen werden, dagegen war die beobachtete Energiemenge zur Messung der Wellenlänge unzureichend.

Da die Dispersionstheorie für die mittlere Wellenlänge der Strahlen den ausserordentlich grossen Werth $\lambda = 50\,\mu$ (angenähert) erwarten lässt[1]), schien es uns von Interesse, diese Untersuchung mit verbesserten Mitteln nochmals aufzunehmen.

Nachdem die Construction eines mit Paraffinfenster versehenen Radiometers sich als äusserst schwierig erwiesen hatte, da eine genügende Dichtung nicht zu erzielen war, gelang es uns durch Anwendung der von dem einen von uns kürzlich beschriebenen Eisen-Constantan-Thermosäule[2]) in Verbindung mit einem empfindlichen Panzergalvanometer, die Empfindlichkeit der Strahlungsmessung etwa auf das 10fache zu vermehren, ohne die Genauigkeit der einzelnen Messungen zu verringern. Durch Benutzung eines Concentrationsspiegels von grosser Oeffnung und kurzer Brennweite, sowie durch Anwendung grosser, gut polirter Steinsalzflächen liess sich ferner die Energie der Strahlung erheblich steigern, sodass mit Hülfe unserer neuen Versuchsanordnung Ausschläge von mehr als 100 mm beobachtet werden konnten, welche von reinen Reststrahlen des Steinsalzes herrührten.

Von einer grossen Reihe von Substanzen, die wir auf ihre Durchlässigkeit gegenüber diesen Strahlen untersuchten, erwiesen sich Schwefelkohlenstoff, Benzol, Petroleum, Paraffin und Quarz als sehr durchlässig. Auch schwarzer Kautschuk, Guttapercha und Flussspath zeigten in Dicken von einigen Millimetern noch erkennbare Durchlässigkeit, dagegen waren, entsprechend der früheren Beobachtung Steinsalz, Sylvin, Chlorsilber, ferner Glas, Wasser, Alkohol, Aether vollkommen undurchlässig.

Ausser den genannten festen und flüssigen Körpern haben wir auch zwei gasförmige, nämlich Wasserdampf und Kohlensäure in den Bereich unserer Betrachtung gezogen. Wir be-

---

1) Vgl. l. c. p. 454.

2) Vorgetragen in der Sitzung der Physikalischen Gesellschaft vom 22. October 1897.

obachteten, dass die Strahlen von Kohlensäure nicht merklich, dagegen von Wasserdampf ausserordentlich stark absorbirt werden und dass sich die absorbirende Wirkung des Wasserdampfgehaltes der Zimmerluft deutlich erkennen lässt. Eine 40 cm dicke Wasserdampfschicht liess keinen merklichen Betrag der Strahlung mehr hindurch.

Auch das Reflexionsvermögen einiger Substanzen haben wir für die Reststrahlen des Steinsalzes untersucht. Dasselbe ergab sich für eine Steinsalzoberfläche, in Procenten der auffallenden Strahlung ausgedrückt als 81,5. Auch Sylvin zeigt ein Reflexionsvermögen von mehr als 30 Proc., eine Thatsache, die erkennen lässt, dass sich das Gebiet metallischer Reflexion des Sylvin nahe demjenigen des Steinsalz befindet, wie dies auch schon aus Constanten der Dispersionsformeln hervorgeht. Die aus dem Reflexionsvermögen von Quarz und Schwefel berechneten Brechungsexponenten sind der Quadratwurzel aus den Dielectricitätsconstanten angenähert gleich.

Die Messung der mittleren Wellenlänge der Reststrahlen des Steinsalzes gelang uns ohne Schwierigkeit mit Hülfe eines besonders zu diesem Zweck construirten, sehr lichtstarken Spiegelspectrometers und des schon früher benutzten Beugungsgitters aus Silberdrähten. Die Wellenlänge ergab sich zu 51,2 μ. Aus der geringen Breite der Beugungsbilder ging hervor, dass wir es mit einem ziemlich homogenen Strahlencomplex zu thun hatten.

Die hier untersuchten Strahlen besitzen also eine Wellenlänge, welche diejenige der sichtbaren (grünen) Strahlen um das 100fache, diejenige der äussersten, von Schumann gemessenen ultravioletten um das 500fache übertrifft, dagegen hinter den von Hrn. Lampa[4]) erzeugten electrischen Wellen nur um das 60fache zurückbleibt. Hiernach umfasst das noch unbekannte Spectralgebiet weniger als 5 Octaven, während das bisher beobachtete sichtbare, ultraviolette und ultrarothe Spectrum nunmehr angenähert 9 Octaven enthält, wovon etwa 2 auf das ultraviolette, eine auf das sichtbare und 6 auf das ultrarothe Gebiet entfallen.

---

1) Lampa, Wied. Ann. 61. p. 79. 1897.

Wir wollen schliesslich nicht unerwähnt lassen, dass es uns durch Anwendung der im Vorstehenden genannten Mittel auch gelungen ist, die Reststrahlen des Sylvin, welchen nach den Constanten der Ketteler-Helmholtz'schen Dispersionsformel eine mittlere Wellenlänge von $\lambda = 67\ \mu$ zukommt, in beträchtlicher Intensität zu erhalten. Wir sind zur Zeit mit der Untersuchung der Eigenschaften dieser Strahlengattung beschäftigt.

Ueber die Beziehungen zwischen der Oberflächenspannung einiger Amalgame gegen Electrolyte und den capillarelectrischen Phänomenen; von G. Meyer.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 4. März 1898.)

(Vgl. oben p. 41.)

Die Bewegungen, welche der Meniscus eines Capillar-Electrometers in Folge einer kathodischen Polarisation ausführt, zeigen, dass die Oberflächenspannung von Quecksilber gegen den benutzten Electrolyten eine Function der polarisirenden electromotorischen Kraft ist. Eine graphische Darstellung dieser Beziehung liefert eine Curve, Oberflächenspannungscurve, welche aus einem aufsteigenden und einem absteigenden Ast besteht. Die dem aufsteigenden Aste entsprechende Zunahme der Oberflächenspannung ist von Herrn E. Warburg[1]) auf die Verminderung des Gehaltes an Quecksilbersalz zurückgeführt, welche der Electrolyt am Meniscus infolge der Polarisation erfährt, sodass der höchste Punkt der Curve dem Zustande entspricht, in dem der Meniscus an einen an Quecksilbersalz armen Electrolyten grenzt. Die bei Polarisation mit stärkeren Kräften auftretende[2]) Abnahme der Oberflächenspannung ist von mir auf Bildung von Amalgamen zurückgeführt, indem das aus dem Electrolyten abgeschiedene Kation sich mit dem Quecksilber des Meniscus verbindet (HgH, ZnHg, NaHg) und dem Amalgam eine geringere Oberflächenspannung zukommt, als dem bis zum Maximum derselben polarisirten Quecksilber. Diese Erklärung des absteigenden Astes hält Herr Luggin[3]) für unzutreffend, „da doch die Amalgame von Bi, Pb, Sn, Cu in Electrolyten (ihrem natürlichen Potential entsprechend) sämmtlich höhere Capillarspannung haben als das reine Quecksilber.“ Aus eigenen Versuchen schliesst

---

1) E. Warburg, Wied. Ann. **38.** p. 336. 1889.

2) G. Meyer, Wied. Ann. **45.** p. 513. 1892.

3) Luggin, Zeitschr. f. phys. Chem. **16.** p. 699. 1895.

Hr. Luggin, dass auch den Alkalimetallen nicht der Einfluss zukommt, die Capillarspannung des Quecksilbers herabzusetzen.

Zur Entkräftung dieses Einwandes stelle ich einige[1]) Messungen der Capillarconstanten α von Amalgamen gegen Electrolyte zusammen, welche an Tropfen ausgeführt sind.

Metall	Electrolyt	α
Hg bis zum Max. d. Oberflächenspannung polarisirt	H_2SO_4 $s = 1,0559$	42,1 mg/mm
HgSn 0,0796 Proc.	H_2SO_4 $s = 1,0559$	37,5
HgCd 0,48 „	H_2SO_4 $s = 1,030$	38,2
HgZnO 0,059 „	H_2SO_4 $s = 1,030$	36,9

Es muss hier die maximale Oberflächenspannung von Hg zum Vergleich herangezogen werden, welche an dem Meniscus nach Befreiung des Electrolyten von Hg-Salz herrscht, da ja auch über den Amalgamen sich kein Quecksilbersalz befindet. Das bei den Versuchen in der H_2SO_4-Lösung vorhandene Salz von Sn, Zn, Cd übt[2]) nachgewiesenermaassen auf die Oberflächenspannung der Amalgame keinen Einfluss aus; die geringe Verschiedenheit in der Concentration der H_2SO_4 bei den Versuchen mit HgZn und HgCd kann vernachlässigt werden. Die Zusammenstellung zeigt, dass die Behauptung des Hrn. Luggin nicht zutrifft.

Die Oberflächenspannung von HgNa gegen Na_2SO_4-Lösung habe ich im Februar 1896 untersucht, indem ich aus einem Glastrichter mit langem Ausflussrohr Quecksilber und HgNa in Na_2SO_4-Lösung fliessen liess. Das Rohr endigte in ein kurzes Stück eines Thermometerrohres mit breitem Querschnitt, sodass eine elliptische Oeffnung entstand, deren grösste und kleinste Durchmesser 0,24 mm bez. 0,11 mm betrugen. Der austretende Strahl zeigt Knoten und Bäuche und am Ocularmikrometer eines Beobachtungsmikroskopes wurde der Abstand der Knoten abgelesen, wobei sowohl Hg als auch HgNa in dem Trichter gleich hoch standen. Der Abstand zweier Knoten betrug auf dem Hg-Strahle 9,2 Sclth., auf dem HgNa-Strahle 20,1 Scthl., wenn die Hg- bez. HgNa-Ober-

1) G. Meyer, Wied. Ann. **56.** p. 689 u. 699. 1895.

1) G. Meyer, Wied. Ann. **53.** p. 848. 1894.

fläche von der Oeffnung 52,8 cm entfernt war. Es folgt aus dieser Beobachtung die Oberflächenspannung von HgNa gegen Na_2SO_4-Lösung gleich 0,21, wenn man die von Hg gegen dieselbe Lösung gleich 1 setzt. Es ist also die zuletztgenannte Capillarconstante kleiner als die natürliche Oberflächenspannung von Hg gegen Na_2SO_4-Lösung, wie es die Erklärung[1]) des absteigenden Astes der Oberflächenspannungscurve erfordert, und der von Hrn. Luggin aus seinen Beobachtungen gezogene Schluss über den Einfluss, welchen Zusatz von Alkalimetall auf die Oberflächenspannung von Hg gegen Electrolyte ausübt, findet keine Bestätigung.

1) G. Meyer, Wied. Ann. **45.** p. 513. 1892.

Ueber die Function des Gehörorgans;
von Max Meyer.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 18. Februar 1898.)

(Vgl. oben p. 23.)

Vor einem halben Jahrhundert befehdeten sich OHM und und SEEBECK in POGGENDORFF's Annalen in Betreff der Frage, wie der Ton physikalisch zu definiren sei. OHM wollte ihn als Sinusschwingung definiren. SEEBECK erhob hiergegen Widerspruch. Die durch Anblasen der Löcherreihe einer Sirenenscheibe erzeugte Luftwelle kann mathematisch-physikalisch (durch Entwickelung der Function in eine FOURIER'sche Reihe) als zusammengesetzt aus einer grossen Zahl von Sinusschwingungen betrachtet werden. Nun betonte SEEBECK, dass man bei Einwirkung einer solchen Luftwelle auf das Ohr die Obertöne keineswegs in solcher Stärke hört, wie es nach OHM's Definition angenommen werden müsste, sondern viel schwächer. Obwohl die entsprechenden Sinusschwingungen durchaus nicht sehr schwach sind, treten die Obertöne für unsere Empfindung doch so schwach auf, dass wir ohne besondere Uebung und Aufmerksamkeit überhaupt nur einen Ton zu hören meinen.

Trotz der gewichtigen Argumente SEEBECK's trug OHM in diesem Streite vorläufig den Sieg davon. Hierzu dürfte namentlich die von HELMHOLTZ entwickelte physiologische Theorie des Hörens beigetragen haben. Wenn wir wirklich in der Schnecke unzählige abgestimmte Saiten hätten, so müsste ja freilich jede beliebige Luftwelle vom Ohre nach dem OHM'schen Gesetze thatsächlich in Sinusschwingungen zerlegt werden.

Die wunderbarste Thatsache auf dem Gebiete der Gehörsempfindungen ist, dass man mehrere Töne gleichzeitig unvermischt hören kann, obwohl die physikalischen Reize ganz ungetrennt von einander das Gehörorgan treffen. Um diese wichtigste Thatsache zu erklären, kann man nicht die Forderung umgehen, dass die Reize durch die physiologischen Vorgänge getrennt werden, sodass jedem Tone, den man in Wirklichkeit hört, besondere in besonderer Frequenz gereizte

Nervenendigungen zuzuschreiben sind.[1]) Diese Trennung würde nun durch die Resonatorentheorie in vorzüglichster Weise erklärt werden, wenn das Ohm'sche Zerlegungsgesetz gelten würde. Dieses Gesetz gilt aber gar nicht, ist gar kein Gesetz. Seebeck's bisher nicht widerlegten Einwand habe ich erwähnt. Doch nicht nur Obertöne werden in Wirklichkeit viel schwächer gehört, als den entsprechenden Sinusschwingungen nach erwartet werden muss. Auch die Quinte, die Terz und andere Intervalltöne werden bei gleichzeitigem Erklingen des tieferen Intervalltones viel schwächer gehört, als für sich allein. Wenn man zwei Töne, die ein Quintenintervall bilden, durch eine Schlauchleitung zu Einem Ohre führt (der Ausschluss des anderen Ohres ist zur Vermeidung gewisser Fehlerquellen nothwendig) und den höheren objectiv so weit schwächt, dass er eben unhörbar wird, so ist man aufs äusserste überrascht, sobald man ihn beim Verstummen der den tieferen Ton erzeugenden Tonquelle in recht beträchtlicher Stärke zu hören bekommt. Nach dem Ohm'schen Zerlegungsgesetze müsste man ihn auch gleichzeitig mit dem tieferen hören können.

Nicht vereinbar mit dem Ohm'schen Gesetze ist ferner das Auftreten von Differenztönen (Tartini'schen Tönen). Man hört hier Töne, trotzdem, wie die exactesten Untersuchungen gezeigt haben, gar keine Sinusschwingungen von entsprechender Frequenz vorhanden sind. Eine Fülle weiterer Thatsachen, die mit jenem sogenannten Gesetze in Widerspruch stehen, muss an dieser Stelle des Raummangels wegen übergangen werden.

Mit dem Ohm'schen Gesetze fällt auch die Resonatorentheorie. Aber auch von anderem Gesichtspunkte aus hat diese Theorie schon seit längerer Zeit ihre Gegner gefunden, deren Zahl sich stetig mehrt. Alle Versuche, das Vorhandensein eines Resonatorensystems in der Schnecke durch Thierversuche (Exstirpation von Theilen des Gehörorgans), sowie klinische Beobachtung mit nachfolgender Section endgültig nachzuweisen, sind nicht nur gänzlich gescheitert, sondern haben theilweise

---

1) Die beste hierauf bezügliche Darstellung findet man in Stumpf's Tonpsychologie, 2, in dem Capitel: Physiologische Voraussetzungen der Klanganalyse.



sogar zur Auffindung einer Reihe von Thatsachen geführt, die der HELMHOLTZ'schen Hypothese direct widerstreiten. Wie denn aber die zu fordernde Trennung der Reize sonst geschehen könnte, hat niemand von den Gegnern jener Hypothese gezeigt.

Wunderlicher Weise sind manche von den Anhängern der HELMHOLTZ'schen Theorie so weit gegangen, zu behaupten, ohne die Hypothese von der Existenz eines Resonatorensystems im Ohre sei die zu fordernde Trennung der Reize überhaupt nicht erklärbar. Nun ist es vermittelst des hier abgebildeten Apparates ein Leichtes, zu zeigen, dass ohne Mitwirkung von Resonatoren nicht nur überhaupt eine Trennung der Reize, sondern auch eine solche Trennung möglich ist, die mit den Empfindungsthatsachen in unvergleichlich vollkommenerer

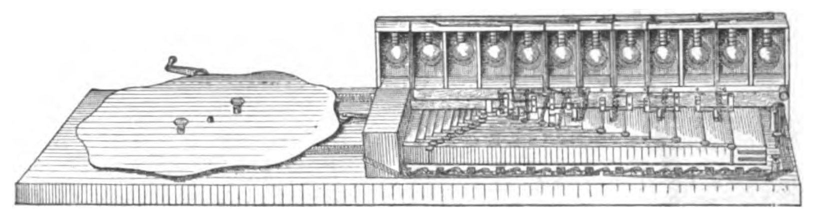


Fig. 1.

Weise in Uebereinstimmung ist, als jene Trennung durch Resonatoren.[1])

Dieser Apparat hat freilich nicht den Zweck, irgend eine Annahme über die Function des Gehörorgans zu beweisen. Nur dazu soll er dienen, auch dem Verständniss des in die Einzelheiten der Theorie noch nicht Eingeweihten die functionellen Eigenthümlichkeiten dadurch näher zu rücken, dass man einen analogen Vorgang ganz langsam vor dem Auge vorüberziehen lässt, gerade wie man eine Schwingungsbewegung vermittelst einer der bekannten Wellenmaschinen durch einen langsamen, nicht gleichen, aber analogen Vorgang zu verdeutlichen pflegt.

Lässt man auf den Apparat eine Curve einwirken, die ein Nonenintervall (4 : 9) darstellt, so sieht man, dass innerhalb einer Periode die ersten Lämpchen der Reihe 9mal, die

1) Der Apparat befindet sich im Psychologischen Seminar zu Berlin und kann dort in Augenschein genommen werden.

folgenden 4mal und die letzten 1mal erglühen. Denken wir uns an Stelle der Lämpchen Ganglienzellen, so ist es verständlich, dass man bei Einwirkung einer derartigen Welle auf das Gehörorgan diese drei Töne hört, während nach der HELMHOLTZ'schen Theorie für das Hören des Tones 1 gar kein Grund vorliegt.

Wenn wir uns vergegenwärtigen, was in dem vorgeführten Apparate vor sich geht, wodurch eine derartige, den Empfindungsthatsachen gut entsprechende Zerlegung der Reize bewirkt wird, so kann uns dies einen Fingerzeig geben, was für Vorgänge wir im Gehörorgan annehmen müssen. Denn Annahmen müssen wir nun einmal immer machen, weil unsere anatomischen Kenntnisse des Gehörorgans viel zu unvollkommen sind, als dass wir aus ihnen einfach ableiten könnten, wie das Organ functioniren muss. Wäre eine solche Bestimmung der Function möglich, so hätte sie HELMHOLTZ gewiss nicht unterlassen und sich mit einer blossen Hypothese begnügt.

Nun besteht die Leistung des Apparates wesentlich in Folgendem. Die durch die Curve dargestellte Bewegung wird übergeleitet auf eine Anzahl (12) Holzrahmen (entsprechend den 12 Lämpchen), von denen jeder einen eigenthümlich gebauten Schleifcontact trägt. Eine kleine (positive oder negative) Steigung der Curve versetzt nur den, bezw. die ersten Rahmen in (positive oder negative) Bewegung und bewirkt damit ein Erglühen oder Erlöschen der zugehörigen Lämpchen. Je grösser die Steigung der Curve ist, um so grösser ist auch die Zahl der bewegten Rahmen und damit der zum Erglühen, bezw. Erlöschen gebrachten Lämpchen. Ein entsprechender Vorgang im Gehörorgan würde z. B. dann stattfinden, wenn durch eine kleine Hin- und Herbewegung des Steigbügels nur der am Anfange der Schnecke gelegene Theil der Basilarmembran in Bewegung versetzt würde, durch grössere Hin- und Herbewegungen des Steigbügels auch weiter nach der Schneckenspitze hin gelegene Theile.

Man kann übrigens diese Zerlegung einer beliebigen Welle auch zeichnerisch auf verschiedene Weise zur Darstellung bringen. Die beiden folgenden Figuren zeigen uns Eine Art solcher Darstellung.

Wir sehen hier die Curve eines Quinten- (2:3), bez.

Nonenintervalls (4 : 9). Die erste Curve zeigt zunächst 3 Maxima und Minima. Bringt man die kleinste Hin- und Herbewegung zum Fortfall, indem man gleich hohe Stücke von jedem Maximum und Minimum abschneidet (wie es durch Schraffirung angedeutet ist), so erhält man eine Curve mit 2 Maximen und Minimen und schliesslich eine solche mit nur 1 Maximum und Minimum, entsprechend den drei Tönen 3, 2 und 1, die in diesem Falle gehört werden. Auf dieselbe Weise erhält man in der zweiten Figur drei Curven mit 9, 4 und 1 Maximen

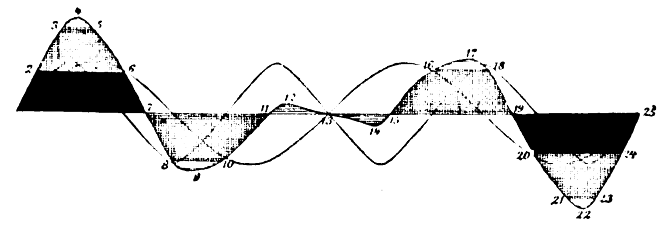


Fig. 2.

und Minimen, wiederum entsprechend den drei thatsächlich gehörten Tönen.

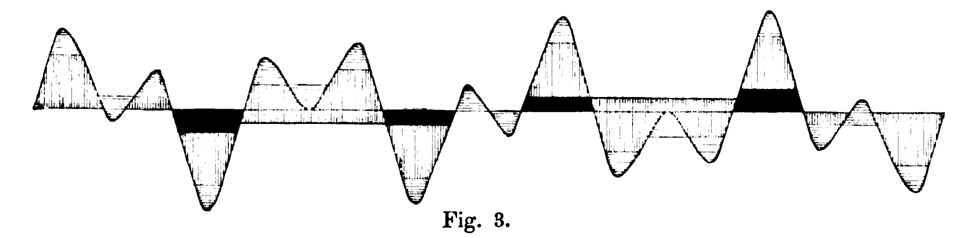


Fig. 3.

Es fragt sich nun, wie wir uns wohl eine derartige Zerlegung einer Welle von unserem Gehörorgan ausgeführt denken können.

Darüber herrscht allgemeine Uebereinstimmung, dass ein Druck des Steigbügels auf das Vorhofswasser die Wassersäule der Vorhofstreppe nicht in ihrer Längsrichtung so verschiebt, dass die verdrängte Wassermenge durch die an der Spitze der Schnecke gelegene Communicationsöffnung auf die Paukentreppe überfliesst, sondern dass in einem solchen Falle wegen der auf dem längeren Wege dem Wasser sich entgegenstellenden Reibungswiderstände die membranösen Wände des häutigen

Schneckencanals gegen die Paukentreppe hin sich buchten. Will man diese allgemeine Annahme consequent durchführen, so kommt man zu folgendem Schlusse: Da der längere Weg der Flüssigkeit einen grösseren Reibungswiderstand entgegensetzt, so buchten sich die Membranen des Schneckencanals dort aus, bis wohin die Flüssigkeit den kürzesten Weg zurückzulegen hat, also am Anfange der Schnecke. Je grösser die durch den Steigbügel verdrängte Flüssigkeitsmenge ist, um so weiter erstreckt sich der in Bewegung gerathene Theil der Membranen, da die Ausbuchtung doch wahrscheinlich nur in geringer Tiefe möglich ist; und bei äusserst starken Tönen dürften wohl die membranösen Wände in ihrer ganzen Länge sich ausbuchten. Es wird kaum jemand leugnen können, dass diese Annahme rein den anatomischen Befunden nach eine viel grössere Wahrscheinlichkeit hat, als jene andere, dass die Basilarmembran aus vielen Tausenden Resonatoren bestehe.

Sehr wahrscheinlich ist es ferner, dass die membranösen Wände des Schneckencanals als weiche, in Flüssigkeit gebettete organische Körper, wenn sie aus ihrer normalen Lage durch äussere Kräfte verrückt worden sind, nur verhältnissmässig langsam wieder in den alten Zustand zurückkehren werden, falls dies nicht wiederum durch äussere Kräfte geschieht. Wir werden daher keinen nennenswerthen Fehler machen, wenn wir annehmen, dass die Membranen überhaupt nur durch äussere Kräfte bewegt werden.

Ebenso, wie bei einer positiven Bewegung des Steigbügels die Ausbuchtung der Membranen am Anfange der Schnecke beginnt und sich bei fortschreitender Bewegung des Steigbügels immer weiter nach der Spitze der Schnecke hin ausbreitet, muss bei der Umkehr des Steigbügels die Rückbewegung der Membran vom Anfange der Schnecke beginnend nach der Spitze hin sich weiter verbreiten.

Weitere Hypothesen mache ich nicht, denn hiermit ist bereits so ziemlich alles erklärt, was überhaupt zu erklären ist. Da ich es mir jedoch versagen muss, hier auf die Einzelheiten einzugehen, in denen man erst die eigentliche Bestätigung meiner Annahme finden wird, so verweise ich auf die ausführlichere Darstellung meiner Theorie in der Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane,

Bd. 16, sowie in den demnächst erscheinenden „Beiträgen zur Acustik und Musikwissenschaft", herausgegeben von C. STUMPF.

Zum Schlusse sei es gestattet, noch einmal auf den Streit zwischen OHM und SEEBECK zurückzukommen, von dem wir ausgegangen sind. Wie man sieht, stellt sich meine Theorie durchaus auf die Seite SEEBECK's, da nach ihr jede beliebige periodische Hin- und Herbewegung, ganz gleichgültig, ob sie pendelförmig ist oder nicht, vom Ohre als Ton empfunden werden muss.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 17. **Nr. 6.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 18. März 1898.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. **W. Kaufmann** besprach

die magnetische Ablenkbarkeit electrisch beeinflusster Kathodenstrahlen

und legte dann ein Manuscript von Hrn. **Th. Des Coudres** vor:

Nachträgliche Bemerkung zu der Mittheilung „Ein neuer Versuch mit LENARD'schen Strahlen."

Hr. **E. von Drygalski** sprach darauf

über die Eisbewegung nach Beobachtungen an Grönlands Inlandeis.

Hr. E. WARBURG legte zum Schlusse eine von Hrn. **G. Meyer** eingesandte Abhandlung vor

über die Oberflächenspannung von Quecksilber,

deren Vortrag aber auf die nächste Sitzung vertagt wird.

Die magnetische Ablenkbarkeit electrisch beeinflusster Kathodenstrahlen [1]; *von W. Kaufmann.*

(Vorgetragen in der Sitzung vom 18. März 1898.)

(Vgl. oben p. 57.)

---

1. Wenn ein Kathodenstrahl ein electrostatisches Feld durchläuft, dessen Kraftlinien mit seiner Bewegungsrichtung parallel sind, so muss derselbe nach der Emissionstheorie eine Beschleunigung erfahren, wenn die electrischen Kraftlinien seiner Bewegung entgegen, eine Verzögerung, wenn die Kraftlinien der Bewegung gleich gerichtet sind. Da nun die magnetische Ablenkbarkeit eines Strahles seiner Geschwindigkeit umgekehrt proportional ist, so muss sich die Wirkung des electrischen Feldes auch durch eine Aenderung der magnetischen Ablenkbarkeit bemerkbar machen. [2] Die im folgenden beschriebenen Versuche wurden unternommen um die Richtigkeit der Theorie zu prüfen.

2. Die benutzte Versuchsanordnung ist folgende: Die von einer Influenzmaschine erzeugten Strahlen treten durch zwei parallele schmale Spalte in das Innere zweier concentrischer Messingcylinder, deren Wände voneinander etwa 2—3 mm entfernt sind. Nach dem Durchlaufen der Cylinder fallen die Strahlen durch zwei zu den ersten senkrechte Spalte auf eine auf den Boden des äusseren Cylinders geklebte Glasplatte, die mit einer mm-Theilung und einem fluorescirenden Kreideanstrich versehen ist. Der äussere Cylinder ist stets zur Erde abgeleitet und dient als Anode. Der innere Cylinder kann vermittelst eines Zehnder'schen Hochspannungsaccumulators auf $\pm$ 3250 Volt geladen werden, sodass dadurch in dem ganzen Hohlraum ein constantes Potential erzeugt wird, welches von dem der Anode sehr stark abweicht. Ordnet man nun

---

1) Der ausführliche Bericht wird in Wied. Ann. erscheinen.

2) Vgl. auch Th. Des Coudres, Verhandl. d. physik. Gesellsch. zu Berlin, 4. Febr. 1898.

eine Magnetisirungsspule so an dass eine Ablenkung der Strahlen nur im Innern des Hohlraumes eintritt, so muss diese Ablenkung nicht mehr, wie in dem früher von mir untersuchten Fall[1]) der Quadratwurzel der Potentialdifferenz zwischen Anode und Kathode, sondern derjenigen zwischen dem inneren Cylinder und der Kathode umgekehrt proportional sein.

Qualitativ stellt sich der Versuch deshalb so dar, dass die Ablenkbarkeit durch eine + Ladung des Cylinders verkleinert, durch eine — Ladung vergrössert wird; in quantitativer Hinsicht verlangt die Theorie dass die Grösse $y . \sqrt{V'} / J$ (worin y = Ablenkung, V' = Potentialdifferenz zwischen innerem Cylinder und Kathode, J = Stromstärke in der Magnetisirungsspule) stets denselben Werth besitzt, mag der Cylinder ungeladen oder ± geladen sein. Der Versuch bestätigt die Theorie vollständig, indem die Grösse $y . \sqrt{V'} / J$ nach Anbringung einiger hier nicht näher zu erörternder Correctionen den Werth erhält:

Für ungeladenen Cylinder:		147,6
„ + geladenen	„	146,7
„ — geladenen	„	147,0

(Rechnet man dagegen nach der früher[1]) angebenen Formel, d. h. setzt man V_0, die Potentialdifferenz der Electroden, statt V' ein, so erhält man Werte, die von 124—219 variiren).

1) W. Kaufmann, Wied. Ann. **61.** p. 544—552. 1897.

Nachträgliche Bemerkung zu der Mittheilung „Ein neuer Versuch mit Lenard'schen Strahlen"; von Th. Des Coudres.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 18. März 1898.)

(Vgl. oben p. 57.)

Herr KAUFMANN war so freundlich bei mir anzufragen, ob auch ich inzwischen weitere in das Gebiet seiner neuen Kathodenstrahlenarbeit [1]) fallende Versuche angestellt hätte. Ich benutze dankbar die gebotene Gelegenheit, dem in der Sitzung vom 4. Februar Gesagten ein paar ergänzende Worte hinzuzufügen.

Die Verwendung des Platincyanürs ist ungeschickt, da diese Substanz auch auf Röntgenstrahlen und vor allem auch auf ultraviolettes Licht reagirt. Eine überzeugendere Versuchsanordnung ist etwa diese: Auf dem mit der Fensterfassung leitend verbundenen, zur Erde abgeleiteten Messingbleche befestigt man eine wenige Millimeter dicke Hartgummischeibe mit einem grösseren Loche an der Stelle des Fensters. Die Oeffnung der Hartgummiplatte wird dann mit so viel Aluminium Folieblättern bedeckt, dass ein auf die Folie gelegtes Stück thüringer Glas eben nicht mehr leuchtet. Es tritt helles grünes Aufleuchten des Glases ein, sobald man das Aluminium positiv lädt. Umgekehrt bei weniger Aluminiumblättern und negativer Ladung.

Zum Versuche der Erweiterung des bekannten Kathodenstrahl-Spectralbereiches wurde ein Beobachtungsrohr hergerichtet, dessen Raum constanten Potentiales von Wasser als leitender und doch durchsichtiger Hülle umschlossen war. Mangelhafte Fensterdichtigkeit und ungenügende Pumpe liessen bisher jedoch das für die Experimente nöthige Vacuum noch nicht erreichen.

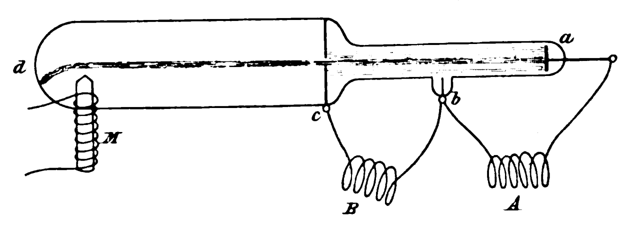
Hofft man bei der Erzeugung möglichst langsamer Strahlen darauf ihre Geschwindigkeit bequemer als die der raschen direct messen zu können, so bietet die Erweiterung des Strahlbereiches nach der Seite der geringeren magnetischen Ablenkbarkeit offenbar ein überaus grosses theoretisches Interesse,

---

1) Siehe oben p. 57.

sobald man nahe an die Lichtgeschwindigkeit herankommt. Hier muss die elementare Electrodynamik bewegter Körper aller Wahrscheinlichkeit nach versagen. Hauptfrage ist: Kann die Lichtgeschwindigkeit principiell überschritten werden oder nicht? Wie stellen sich da die verschiedenen Theorien zur Erfahrung?

Gilt es die Beeinflussung der magnetischen Ablenkbarkeit von Kathodenstrahlen durch electrostatische Kräfte nur qualitativ zu zeigen, so kommt man für Demonstrationszwecke mit folgendem Glasrohre aus. (Vgl. die Figur.) *A* und *B* sind die secundären Spulen zweier Inductorien, deren Primärwindungen man hintereinander schaltet. Das Loch in der Aluminiumscheibe *c* kann noch von feinem Drahtnetze bedeckt werden. Die Ablenkbarkeit des von *a* durch die Diaphragmaöffnung gelangenden Strahles mittels des kleinen Electromagneten *M* nimmt sehr stark zu, sobald das Inductorium *B* so angeschaltet wird, dass



c Kathode, *b* Anode ist. Beschleunigung von Strahlen im Erzeugungsraume gelang auf so einfache Weise nicht. Dazu bedarf es eben wohl immer des KAUFMANN'schen Kunstgriffes.

Ist das Vacuum gut genug, dass bei *a* Röntgenstrahlen entstehen, so kann deren Bildung verhindert oder wenigstens sehr erheblich geschwächt werden durch ein negatives Gegenpotential bei *c*. Der Versuch ist jedoch nicht ganz beweiskräftig. Es brauchte durch die electrostatischen Einflüsse ja nur ein grosser Strahlenbruchtheil, der ursprünglich durch die Diaphragmaöffnung durchging, jetzt von ihr abgelenkt zu sein und der gleiche Effect müsste eintreten. Dagegen sprach allerdings die noch lebhafte Glasfluorescenz bei *d*.

Nicht ohne weiteres einwandsfrei scheint es auch die Vermehrung der magnetischen Ablenkbarkeit durch Deflexionskräfte in der Weise zu demonstriren, dass man das Inductorium *B* weglässt und in Anknüpfung an GOLDSTEIN'sche Versuchsanordnungen *a* und *c* durch eine feuchte Schnur verbindet.

Die Eisbewegung nach Beobachtungen an Grönlands Inlandeis; von E. v. Drygalski.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 18. März 1898.)

(Vgl. oben p. 57.)

Die Beobachtungen geschahen während der beiden Grönland-Expeditionen der Berliner Gesellschaft für Erdkunde in den Jahren 1891 und 1892/93, deren wissenschaftliche Ergebnisse in einem zweibändigen Werke (Grönland-Expedition der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin unter Leitung von Erich von Drygalski, Berlin 1897) nunmehr vorliegen. Der erste Band enthält die physikalischen und geographischen Untersuchungen über Grönlands Eis und sein Vorland, der zweite die biologischen, erdmagnetischen, meteorologischen, astronomischen und Schwerkrafts-Beobachtungen der Expedition. Der Inhalt des ersten Bandes bildet den Gegenstand des Vortrages.

Das Inlandeis bedeckt das ganze Innere Grönlands in einer Ausdehnung von etwa 30000 Quadratmeilen und bietet den nächsten Vergleich zu den Verhältnissen dar, unter welchen Nordeuropa während der Eiszeit stand. Die Entstehung des Inlandeises ist theils durch ein Vordringen der auf den Gebirgen vereisten Firnmassen, theils durch ein Ausfrieren der Flüsse zu erklären. Die Formen dieser Eisbedeckung sind nicht vollständig unabhängig von den Landformen, wie es Nansen annahm; sie lassen durch ihr Verhältniss zu den Küstengebirgen, zu den Nanataks (Felsinseln im Eis) und zu den Staubmengen (Kryokonit) auf ihrer Oberfläche erkennen, dass sie in den östlichen Theilen des Landes entstehen und gegen die Gebirge des westlichen Küstensaumes abströmen. Hier werden sie schliesslich in einzelne Eissströme aufgelöst, die in das Meer hinaustreten und dort in Eisberge zerbrechen.

Das Inlandeis zeigt im westlichen Küstensaum neben einer Horizontalbewegung, deren Richtung durch die dort auftretenden Landformen bestimmt wird, eine Verticalbe-

wegung, die in einem Einsinken der dickeren und in einem Aufquellen der dünneren Gebiete am Rande des Eises besteht.

Der Grosse Karajak-Eisstrom, einer jener Ausläufer des Inlandeises in das Meer, zeigt an der Oberfläche in drei Querschnitten eine gewisse Parallelität zwischen Bewegungsstärke und Mächtigkeit des Eises. Im Längsschnitt zeigt er eine allmählich zunehmende Geschwindigkeit von wenigen Decimetern in 24 Stunden an, wo er im Inlandeise beginnt, bis zu 19 m in 24 Stunden, wo er im Meere endigt. Dass die Continuität des Eisstromes dabei erhalten bleibt, ist nur dann zu verstehen, wenn man annimmt, dass in der Tiefe des Eisstromes die Geschwindigkeit anders ist, als an der Oberfläche, und dass sie in der Tiefe gegen das Meer hin abnimmt, während sie oben zunimmt. Gegen das Meer hin werden die Eislagen in der Tiefe allmählich entlastet, da der Eisstrom immer weiter in das Wasser eintaucht und so immer mehr getragen wird.

Auch die auf dem Lande endigenden kleineren Gletscher von Sermiarsut und Asakak haben in der Tiefe eine andere Geschwindigkeit, als an der Oberfläche.

Schon das Aufquellen und Schwellen der Randgebiete des Inlandeises zeigt, dass wir es dabei mit inneren Massenumsätzen zu thun haben, da die äusseren Massenveränderungen es nicht erklären. Die Differenzen zwischen der Bewegung an der Oberfläche und in der Tiefe lassen schliessen, dass an der Oberfläche eine Summe von Theilen derjenigen Differentialbewegungen in die Erscheinung tritt, welche in den einzelnen Lagen des Eises bestehen und welche vom Boden zur Oberfläche, also mit abnehmendem Drucke abnehmen.

Die Structur des Eises erklärt die inneren Veränderungen. Sie ist bei allen Eisarten körnig. Bei den Eisströmen nimmt die Grösse des Korns gegen das Ende hin zu; das Wachstum ist jedoch nicht ganz allgemein, da überall neben grossen auch kleine Körner zu finden sind, und hat ausserdem eine bestimmte Grenze. Ausser dem Wachsthum findet auch eine krystalline Umlagerung der Körner statt, indem die ursprünglich regellose Orientirung der einzelnen Körner allmählich in den unteren, geschichteten Theilen des Eises

einer Ordnung weicht, in welcher die optischen Hauptaxen senkrecht zu den Schichten und untereinander parallel stehen. Die Schichtflächen liegen senkrecht zu der Druckrichtung, die optischen Hauptaxen in den geschichteten Theilen also in der Druckrichtung. Wenn sich Wassereis unter Druck bildet, liegen in ihm die optischen Hauptaxen auch in der Druckrichtung, während sie sonst verschieden gerichtet sind, wie man aus dem Vergleich von Seeeis und Meereseis erkennt. Hieraus folgt, dass auch die Schichten des Landeises unter Druck entstandene Neubildungen sind und dass mithin die Kornumlagerung im Inlandeis auf Verflüssigungen und Wiederverfestigungen unter Druck beruht. Auch die Blaubandstructur ist eine Druckerscheinung und zeigt gleichfalls Wasserumsätze innerhalb der Eismassen an.

Die Temperaturbedingungen für einen steten Wechsel des Aggregatzustandes innerhalb des Eises sind auch in Grönland gegeben, da die Winterkälte die Eismassen nicht durchdringt, sondern auf die äusseren Theile beschränkt bleibt. Wärmeströme, von den Neueisbildungen der Schichten ausgehend, wirken ihrerseits dem Vordringen der Kälte entgegen. Auch wird die Kälte nur durch Leitung, die Wärme im Frühjahr dagegen auch durch Wasser nach der Tiefe geschafft und im Eis verbreitet. Trotz der grossen Mächtigkeit des Eises findet ein Fortschmelzen, auch wenn die unteren Theile auf 0^0 sind, nur beschränkt statt, weil der Schmelzpunkt unter Druck wohl unterhalb 0^0 liegt, aber wenn Wasser, das den gleichen Druck erleidet, im Eise vertheilt ist, wieder näher an 0^0 heranrückt. So verbürgt der Bestand von Wasser im Eise den Bestand des Eises selbst.

Die Bewegung beruht hiernach hauptsächlich auf dem steten Wechsel des Aggregatzustandes innerhalb der Eismassen. Andere Vorgänge, wie Gleiten und Umformungen durch Bruch und Regelation können mitwirken, aber nur beschränkt, weil wir mit der Eisbewegung jene Umlagerungen verbunden sehen, die nur durch einen Uebergang durch den flüssigen Zustand erklärt werden können. Die Bewegung hängt nicht, wie beim Wasser, vom Niveau, sondern von der Mächtigkeit ab, da mit dieser der Druck, der die inneren Umlagerungen bedingt, wächst. Das Eis strömt in der Richtung

der Entlastung; es vermag ein tiefes Meer zusammenhängend nicht zu durchströmen, weil es dort durch die Tragkraft des Wassers ganz entlastet wird. Es strömt im Meere solange, als es noch auf dem Boden lastet. Dann zerbricht es in Eisberge, die davonschwimmen. Auf dem Lande hängt die Bewegung und ihre Richtung von Mächtigkeitsdifferenzen ab. Beim Strömen auf dem Lande können kräftige Wirkungen auf den Untergrund (Schrammungen, Polituren, Stauchungen lockeren Erdreichs, Seebildungen) und Transport von Schutt auch unter dem Eise in der Grundmoräne bewirkt werden, weil die Bewegung des Eises auf den unteren Theilen beruht und am Boden relativ am kräftigsten ist. So lassen sich die Erscheinungen des Diluviums durch Eisbewegung erklären.

Ueber die Oberflächenspannung von Quecksilber;
von G. Meyer.

(Vorläufige Mittheilung.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 18. März 1898.)

(Vgl. oben p. 57.)

Die Oberflächenspannung von Hg ist eine häufig doch mit wechselndem Erfolge gemessene Grösse. Nach einer Zusammenstellung von QUINCKE[1]) schwanken die zuverlässigsten Messungen zwischen 44 mg/mm und 56 mg/mm, sodass die Oberflächenspannung eine veränderliche Grösse zu sein scheint. Aufgabe der vorliegenden Untersuchung ist die Erforschung der Ursache der beobachteten Veränderlichkeit und Aufsuchung der Bedingungen, unter denen eine constante Oberflächenspannung erhalten wird. Es sei hier gleich als Resultat der Untersuchung vorweg bemerkt, dass die Oberflächenspannung von Hg gegen die verschiedenen Gase sich verschieden ergeben hat, dass diese Gase sich auf der Oberfläche des Hg zu verdichten scheinen und dadurch eine Abnahme der Oberflächenspannung hervorrufen, welche sich schliesslich einem constanten Endwerth nähert, dass dagegen im luftleeren Raume die Capillarconstante gegen den vorhandenen Hg-Dampf einen unveränderlichen Werth besitzt. Der Einfluss des umgebenden Gases wurde nach einer statischen und einer dynamischen Methode untersucht, indem sowohl Beobachtungen an Tropfen als auch an Strahlen von elliptischem Querschnitt im Vacuum und in verschiedenen Gasen vorgenommen wurden. Die ersteren Beobachtungen, welche die Constanz der Oberflächenspannung im Vacuum und die zeitliche Abnahme in Gasen zeigten, sind von Herrn STÖCKLE angestellt, der über dieselben später ausführlich berichten wird; die Messungen an den Strahlen, welche die Oberflächenspannung im ersten Augenblick der Berührung von Hg und Gas liefern, habe ich vorgenommen.

---

1) G. QUINCKE, Wied. Ann. **61**. p. 277. 1897.

Messungen nach der statischen Methode.

Der Apparat, Fig. 1, dessen Herr Stöckle sich bediente, bestand aus einer Glasglocke, deren offenes Ende nach oben gewendet war. An dem gerundeten Ende besass dieselbe einen Tubulus *A* und durch die Seitenwand führten zwei Rohre, durch deren eines die Glocke mittels einer Quecksilberluftpumpe evacuirt oder mit einem beliebigen Gase gefüllt werden

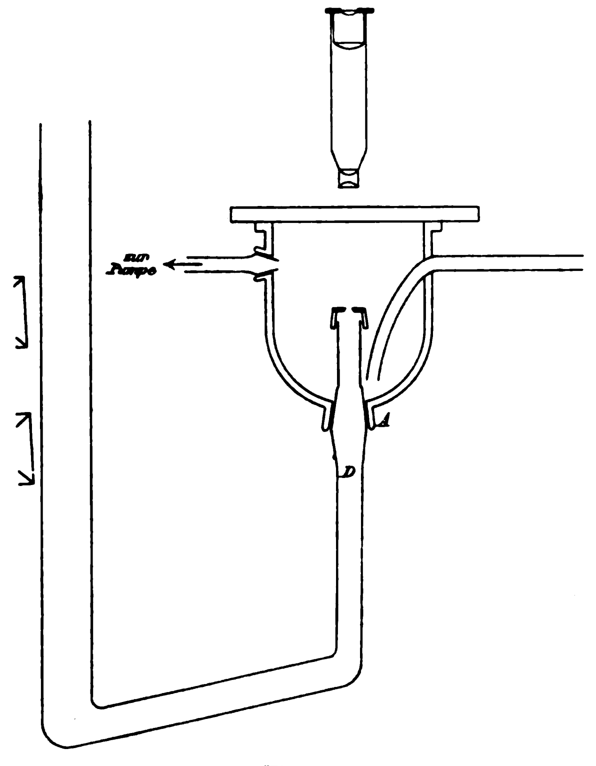


Fig. 1.

konnte, während durch das andere das etwa in die Glocke geflossene Quecksilber entfernt wurde. Durch *A* führte mittels eines luftdicht schliessenden Schliffes ein Glasrohr *D*, dessen in der Mitte der Glocke befindliches Ende eine mit Wasserglas aufgekittete Stahlkappe trug. Diese war mit einer ebenen Stahlplatte verschlossen, welche eine Oeffnung (Tropfenöffnung)

von 8,742 mm Durchmesser besass. Das Glasrohr *D* bildete dem engen Schenkel eines U-förmigen Rohres von 800 mm Länge, in dessen weitern Schenkel ein aus einer mit Hg gefüllten Glasröhre bestehender Senkkörper herabgelassen werden konnte. Auf diese Weise liess sich bei passender Füllung des Rohrsystems mit Quecksilber aus der Tropfenöffnung ein Tropfen auspressen sowohl wenn die Glocke luftleer, als auch wenn sie mit einem beliebigen Gase gefüllt war. Eine 6,67 mm dicke Spiegelglasplatte vom Brechungsexponenten 1,540 für weisses Licht verschloss die Glocke nach oben. In die Unterseite dieser Platte (Objectplatte) waren zwei concentrische Kreise und zwei aufeinander senkrechte Durchmesser eingeätzt, deren Spiegelbilder in dem Tropfen mittels eines über der Platte an einer prismatischen Stahlstange vertical auf und ab beweglichen Mikroskops von 142 mm Einstellweite beobachtet wurden. Den Tropfen trieb man so weit aus der Tropfenöffnung hervor, dass sein grösster Durchmesser gerade in die Tropfenöffnung fiel. Diese Lage ist dadurch charakterisirt, dass die Grösse des Spiegelbildes ein Minimum [1]) ist. Vor der Messung liess man eine grössere Menge Hg über den Rand der Tropfenöffnung fliessen, um die Oberfläche des Tropfens möglichst rein zu erhalten.

Betreffs der Art und Weise, in welcher aus der Grösse des Spiegelbildes die Oberflächenspannung berechnet wird, und der Genauigkeit, welche auf diesem Wege zu erreichen ist, muss auf die demnächst erscheinende Abhandlung des Herrn Stöckle verwiesen werden. Doch möge schon hier die Bemerkung Platz finden, dass die Berechnung ausgeführt wurde unter Vermeidung jeder, durch näherungsweise Integration der Differentialgleichung für die Tropfenfläche gewonnenen Formel vor allem der sehr ungenauen von Poisson gegebenen Beziehung zwischen Oberflächenspannung und Krümmungsradius im Scheitel des Tropfens, mit Hülfe der Tafeln von Bashfort und Adams, deren Angaben durch mechanische Quadratur der Differentialgleichung für die Tropfenfläche gewonnen sind.

Messungen wurden vorgenommen im Vacuum und in Atmosphären von Luft, Stickstoff, Sauerstoff, Kohlensäure, Wasserstoff. Die Oberflächenspannung des Qnecksilbers im Vacuum

1) A. König, Wied. Ann. **16.** p. 7. 1882.

wurde gleich 44,4 mg/mm im Mittel aus einer sehr grossen Zahl von Beobachtungen gefunden, deren grösste und kleinste Werthe 0,62 mg/mm voneinander abweichen. Eine zeitliche Veränderung war nicht zu bemerken; während einer Beobachtungsreihe blieb die Oberflächenspannung $2^1/_2$ Stunden lang ungeändert. In den Gasen nahm die Oberflächenspannung sofort nach Herstellung des Tropfens zuerst schnell, dann langsam ab, um nach etwa $^1/_2$ Stunde einen constanten Endwerth zu erreichen. Am langsamsten geschah diese Abnahme in Stickstoff und Kohlensäure, am schnellsten in Wasserstoff. In keinem Gase war infolge dieser Erscheinung der sofort nach der Berührung von Gas und Quecksilber auftretende Werth messbar. Die folgende Tabelle enthält die beobachteten grössten Oberflächenspannungen und die Endwerthe dieser Grösse in mg / mm.

	Beobachtungen an Tropfen		Beobachtungen an Strahlen
	grösster Werth	Endwerth	
Vacuum	44,4	44,4	
Luft	48,8	44,5	51,4
N	49,8	44,6	50,5
O	48,7	44,0	51,4
CO_2	49,0	44,3	49,6
H	47,9	44,2	56,5

Die Ursache der zeitlichen Abnahme der Oberflächenspannung ist in einer Verdichtung des Gases auf der Hg Oberfläche zu suchen. Dass eine solche Verdichtung eine Abnahme der Oberflächenspannung herbeiführen muss, hat Van der Waals[1]) in seiner thermodynamischen Theorie der Capillarität nachgewiesen. Dafür, dass in unserem Falle eine Adsorption des Gases stattfindet, spricht erstens die Thatsache, dass in allen Gasen, auch den chemisch neutralen, die Erscheinung auftritt, im Vacuum dagegen fehlt, zweitens der Umstand, dass im Wasserstoff die Abnahme der Oberflächenspannung am schnellsten vor sich geht, während aus anderweitigen Beobachtungen bekannt ist, dass dieses Gas auch am meisten zu einer Kondensation auf Metalloberflächen geneigt ist.

1) Van der Waals, Zeitschr. f. physik. Chem. **13.** p. 682. 1894.

Messungen nach der dynamischen Methode.

Beobachtungen von Strahlen, welche aus einer Oeffnung von elliptischem Querschnitt austreten, liefern die Oberflächenspannung im Augenblick der ersten Berührung von Hg und Gas. Die Oberfläche eines solchen Strahles führt Schwingungen aus, deren Wellenlänge λ gegeben ist durch den Ausdruck[1])

$$\lambda = \text{const.} \sqrt{\frac{p}{T}},$$

wo p den Druck bedeutet, unter dem der Strahl ausfliesst, und T die Oberflächenspannung, und zwar mögen die Grössen sich auf den Fall beziehen, dass der Strahl in das Vacuum eintritt. Fliesst der Strahl in einer Gasatmosphäre so haben wir

$$\lambda' = \text{const.} \sqrt{\frac{p'}{T'}}$$

und aus beiden Gleichungen folgt

$$T' = T \frac{p'}{p} \left(\frac{\lambda}{\lambda'}\right)^2$$

Setzt man für T aus den Beobachtungen des Hrn. Stöckle den Werth 44,4 mg/mm, so folgen die Werthe dieser Constanten gegen Gase, ehe eine Kondensation auf der Hg-Fläche stattgefunden hat. Zu den Beobachtungen diente der im Folgenden beschriebene Apparat Fig. 2. Ein **U**-förmiges Rohr mit einem weiten und einem engen Schenkel, besitzt bei A einen nach unten gekrümmten Ansatz, in dessen unteres Ende bei B ein durch eine Telephonmembran verschlossenes Stahlrohr von 5 mm Durchmesser eingekittet ist. In der Telephonmembran befindet sich eine elliptische Oeffnung von 0,58 mm bez. 0,36 mm grösstem und kleinstem Durchmesser. An das stählerne Mundstück ist ein unten geschlossener Cylinder aus Pt—Drahtnetz gebunden. Das Ansatzrohr B ist eingeschmolzen in ein Rohrstück E, an welches mittels eines Schliffes das Barometerrohr D angesetzt wird, welches in das Gefäss F eintaucht. Das Rohr E communicirt durch C mit dem oberen Theile des engen Schenkels von dem **U**-förmigen Rohr. Bei

1) Lord Rayleigh, Proc. Roy. Soc. **29.** p. 81. 1879.



G ist eine Hg-Luftpumpe angeschmolzen. Es werden H und F mit Hg gefüllt und evacuirt. Die Dimensionen des Apparates sind so bemessen, dass in D das Hg unterhalb des Drahtkorbes und in dem Rohre A bei A steht. Alsdann wird in H Hg nachgefüllt, bis dasselbe an einer bei J angebrachten Marke steht. Durch die elliptische Oeffnung bei B tritt ein Strahl durch den Drahtkorb hindurch aus, während das Hg in F abfliesst. Durch einen bei A eingeschmolzenen Pt-Draht ist vermittelst der Hg-Füllung der Drahtkorb zur Erde abgeleitet. Diese Vorsichtsmaassregel ist nothwendig, da beim Ausströmen von Hg aus einer Glasspitze oder beim Auftreffen eines Hg-Strahles auf eine Glaswand so starke electrische Spannungen auftreten, dass besonders wenn der Apparat mit einem Gase gefüllt ist, knackende Entladungen in D geschehen. Auf die Oberflächenspannung des im Innern des zur Erde abgeleiteten Drahtkorbes fliessenden Strahles üben diese electrischen Erregungen keinen Einfluss aus. Der Druck, unter dem das Hg ausfliesst, ist nach erfolgter Evacuation gleich dem Barometerstand vermindert um die Niveaudifferenz von B und H. Nach Einführung eines Gases wird Hg bis H' ausgefüllt, sodass es in dem engen Rohre wieder bei J steht; es fliesst aus unter dem Drucke, welcher der Niveaudifferenz H'-B gleich ist. Die Wirkung, welche das in D einfliessende Hg durch Compression des Gasinhaltes auf den Ausflussdruck ausübt, ist durch das Verbindungsrohr C beseitigt. Die Abstände zweier Einschnürungen des Strahles wurden nacheinander im Vacuum und in einer Gasatmosphäre durch das Drahtnetz hindurch mit dem Ocularmikrometer eines Mikroskops gemessen, während die Niveaudifferenzen die Ablesung

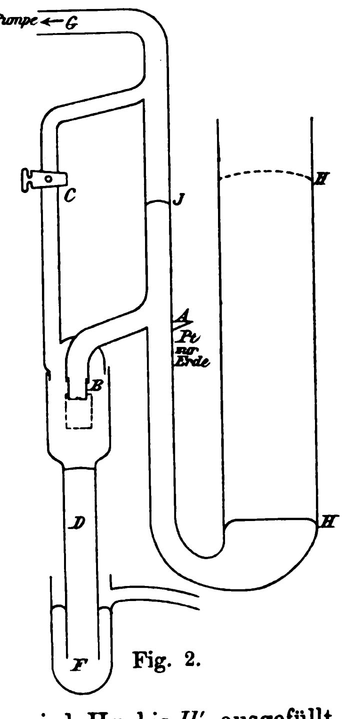


Fig. 2.

eines Kathetometers lieferte. Die Resultate der Messungen sind in der letzten Columne der Tabelle auf pag. 70 angeführt; sie zeigen, dass die nach der statischen Methode erhaltenen grössten Werthe stets kleiner sind als die nach der dynamischen erhaltenen. Die Differenz ist gering, wenn die der Condensation von Gas zugeschriebene Abnahme der Oberflächenspannung langsam geschieht, wie in N und CO_2, dagegen ist sie beträchtlich in H, welcher eine schnelle Verminderung der Capillarconstanten hervorruft.

Die Oberflächenspannung von Hg ist vielfach in der freien, Wasserdampf haltenden Atmosphäre gemessen. Vermöge der Condensation des Gases auch der Hg-Fläche muss der erhaltene Werth von der Zeit abhängen, während deren die Oberfläche bestanden hat, also auch von der Geschwindigkei t mit der die Messung ausgeführt wird. Da sich mit der Luft auch Wasserdampf auf dem Hg verdichtet, so ist der kleinste zu erwartende Werth gleich 42,6 der Oberflächenspannung von Hg gegen H_2O. In der That liegen die meisten in neuerer Zeit erhaltenen Werthe der Capillarconstanten zwischen 45 und 47 mg/mm, sind also wesentlich kleiner als der an Hg-Strahlen in trockener Luft gemessene Werth 51,4 mg/mm, und entsprechen einem Zustande der Hg-Oberfläche, in dem schon eine erhebliche Verdichtung von Gas erfolgt ist. Eine bemerkenswerthe Uebereinstimmung findet zwischen dem nach der dynamischen Methode gemessenen Werthe der Oberflächenspannung und dem zuletzt von QUINCKE[1]) durch Depression des Hg in Capillarröhren ermittelten statt. Dieser letztere liegt zwischen 52,99 mg/mm und 50,58 mg/mm.

An alten Hg-Oberflächen sind dagegen Werthe bis zu 34 mg/mm[2]) gefunden. Diese Abnahme unter 42,6 mg/mm ist wohl dem Umstande zuzuschreiben, dass auf der feuchten Hg-Fläche unter Mitwirkung des atmosphärischen Sauerstoffes sich Hg-Salz bildet, welches bekanntermaassen eine weitgehende Verminderung[3]) der Oberflächenspannung hervorruft.

1) G. QUINCKE, Wied. Ann. 52. p. 22. 1894.

2) BASHFORTH, An attempt to test the theory of capillary action etc. p. 73—80. Cambridge 1883.

3) WARBURG, Wied. Ann. 38. p. 336. 1889.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 17. Nr. 7.

Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 1. April 1898.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. E. Warburg berichtete über den Inhalt der in der vorigen Sitzung vorgelegten Abhandlung von Hrn. **G. Meyer**

über die Oberflächenspannung von Quecksilber.

Hr. E. Warburg zeigte dann ein von Hrn. **R. W. Wood** in Amerika verfertigtes

Soret'sches Kreisgitter

und das von demselben entworfene reelle Bild der Kohlen einer Bogenlampe; ferner eine Photographie (Landschaft), bei deren Herstellung ein solches Kreisgitter als Objectiv gedient hatte, Hr. Wood wird demnächst Näheres über seine Gitter publiciren; dieselben sind nach ihm den Soret'schen Präparaten weit überlegen.

Hr. **A. König** machte darauf eine kurze Mittheilung

über physiologisch-optische Beobachtungen an Reptilienaugen.

Hr. **E. Warburg** besprach

die Entstehung der Spitzenentladung.

Sitzung vom 6. Mai 1898.

Nachdem der Rechnungsführer Hr. M. Planck den Bericht über das abgelaufene Geschäftsjahr erstattet und ihm die Entlastung dafür, zugleich mit dem Danke der Gesellschaft für seine Mühewaltung, ertheilt worden ist, legt er den von ihm aufgestellten Voranschlag über Einnahmen und Ausgaben des neuen Geschäftsjahres vor. Derselbe findet einstimmige Annahme.

Aus der dann durch Acclamation vorgenommenen Wahl des Vorstandes geht dieser in folgender Zusammensetzung hervor

Vorsitzende:
1. Hr. E. Warburg,
2. „ W. v. Bezold,
3. „ O. Lummer.

Schriftführer:
1. Hr. B. Schwalbe,
2. „ A. König,
3. „ R. Börnstein,
4. „ R. Assmann.

Rechnungsführer:
1. Hr. M. Planck,
2. „ E. Lampe,
3. „ J. Lange.

Bibliothekare:
1. Hr. U. Behn,
2. „ W. Kaufmann.

Hr. W. Brix hatte gebeten, von seiner Wiederwahl in den Vorstand abzusehen, da sein hohes Alter es ihm nicht mehr ermögliche, in bisherigem Umfange die damit verbundenen Pflichten zu erfüllen. Die Versammlung nimmt mit Bedauern von diesem Wunsche Kenntniss und beschliesst einstimmig, dass der Vorstand Hrn. W. Brix aufrichtigen Dank für die eifrige und unermüdliche Arbeit ausspreche, die er in viele Jahrzehnte umfassender mannigfaltiger Thätigkeit für die Gesellschaft geleistet hat.

Hr. **Cl. du Bois-Reymond** (a. G.) sprach:

über eigene Versuche in Professor Joly's farbiger Photographie

und begleitete seinen Vortrag mit Demonstrationen.

Hr. **O. Lummer** berichtete darauf über gemeinschaftlich mit Hrn. **F. Kurlbaum** ausgeführte Versuche betreffend

den electrisch geglühten „schwarzen Körper“ und seine Temperaturmessungen.

Sitzung vom 20. Mai 1898.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. **K. Strecker** sprach in einem von zahlreichen Demonstrationen begleiteten Vortrage

über die Marconi'sche Funkentelegraphie.

Hr. **H. Starke** (a. G.) machte darauf eine Mittheilung

über die Reflexion von Kathodenstrahlen.

Sitzung vom 10. Juni 1898.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. **E. Warburg** sprach in einem von sehr zahlreichen Versuchen begleiteten Vortrage

über die flüssige Luft.

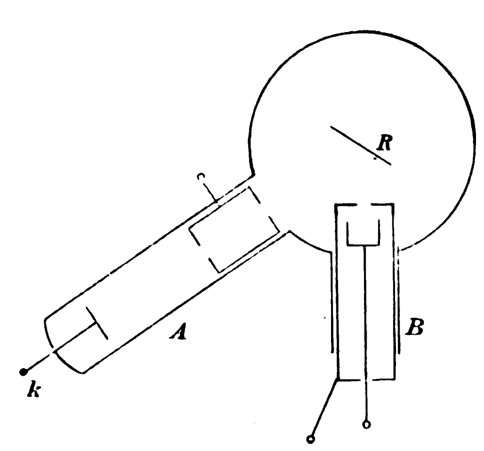
Ueber die Reflexion der Kathodenstrahlen;
von H. Starke.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 20. Mai 1898.)

(Vgl. oben p. 75.)

---

1. In der Litteratur finden sich wiederholt Angaben, welche auf eine Reflexion der Kathodenstrahlen schliessen lassen. Jedoch sind die diesbezüglichen Versuche nie so angestellt worden, dass Deflexionserscheinungen und andere störende Nebenwirkungen ausgeschlossen waren, welche den gleichen Effect wie eine Reflexion hätten zeigen können. Hr. GOLDSTEIN[1]), welcher als erster und bisher einziger in systematischer Weise an die Frage nach dem Vorhandensein einer Reflexion herantrat, vermied diese von der Ladung der reflectirenden Stelle herrührenden Nebenwirkungen dadurch, dass er als reflectirende Substanz ein erdabgeleitetes Metallblech nahm. Er verwandte bei seinen Versuchen zur Erzeugung der Kathodenstrahlen Inductionsentladungen und zum Nachweis derselben das Aufleuchten fluorescenzfähiger Körper. Ich habe derartige Versuche unter Bedingungen wieder aufgenommen, welche ein quantitatives Messen erlauben. Die Ergebnisse derselben seien im Folgenden kurz mitgetheilt. Die Versuchsanordnung, derer ich mich bediente, war folgende:



An eine Glaskugel von 9 cm Durchmesser (vgl. Fig.) waren zwei Ansatzröhren *A* und *B* von ca. 3 cm Durchmesser so

---

1) GOLDSTEIN, Wied. Ann. **15.** p. 246. 1882.

angeblasen, dass sie einen Winkel von etwa 60° miteinander bildeten. In *A* befindet sich die Kathode *k* und ein als Anode dienendes, an den Glasrohrwänden eng anliegendes Messingrohrstück mit zwei kreisrunden Diaphragmen. Durch die ca. 2 mm weiten Oeffnungen der letzteren fallen die von *k* ausgehenden Kathodenstrahlen auf ein mittels eines Glasschliffs um eine zu der Ebene der Röhren *A* und *B* senkrechte Axe drehbares Metallblech, den Reflector *R*. In *B* befindet sich, bis nahe an den Reflector heranreichend, diesem jedoch freie Bewegung lassend, ein sogenannter FARADAY'scher Cylinder, dessen Gestalt aus der Figur ersichtlich sein wird. Der äussere Schutzcylinder desselben, der Reflector, die Anode und der positive Pol der für die Erzeugung der Kathodenstrahlen dienenden Influenzmaschine sind gut miteinander leitend verbunden und zur Erde (Wasserleitung) abgeleitet. Von dem inneren Cylinder, welcher vom äusseren durch eine mit Siegellack überzogene Glasröhre isolirt ist, führt eine Leitung durch ein empfindliches DU BOIS-RUBENS'sches Galvanometer gleichfalls zur Erde. Nun zeigte sich mit dieser Anordnung folgendes: In jeder Stellung des reflectirenden Metallbleches, bei welcher die nach der Kugel zu verlängert gedachten Axen der Röhren *A* und *B* die gleiche Seite desselben treffen, zeigt das Galvanometer einen Strom an. Der Ausschlag geht sofort auf Null zurück, wenn man die Kathodenstrahlen in der Röhre *A* magnetisch ablenkt, oder wenn man den Reflector so dreht, dass seine Stellung die genannte Bedingung nicht erfüllt. Dieser Strom kann von nichts anderem herrühren als von reflectirten Kathodenstrahlen, und zwar ist diese Reflexion eine diffuse. Es entspricht dies Resultat ganz dem von GOLDSTEIN erhaltenen.

2. Die hier beschriebene Methode des galvanometrischen Nachweises von Kathodenstrahlen, welche durch Anwendung eines empfindlichen Galvanometers ausserordentlich empfindlich gemacht werden kann, bietet das einzige Mittel, quantitative Messungen über die von den Kathodenstrahlen transportirte Electricitätsmenge zu machen. Bisher sind solche Messungen immer in der Weise ausgeführt worden, dass man die Kathodenstrahlen einen mit einem Electrometer verbundenen Condensator laden liess. Diese Messungsart ergiebt zu kleine



Ladungen, da ein Theil der aufgehäuften Electricität infolge des Leitendwerdens des Gases wieder von dem bestrahlten Metall fortgeführt wird. W. WIEN[1]) wandte, um bei seinen Messungen über die Electricitätsmengen, welche Kathodenstrahlen durch ein Aluminiumfenster mit sich führen, von dieser Leitung möglichst frei zu sein, sehr hohe Vacua an, bei welchen nach J. J. THOMSON[2]) die Leitung sehr klein wird. Die galvanometrische Methode ist jedenfalls frei von diesen Verlusten, da der Gaswiderstand immer noch sehr gross ist gegen den metallischen der Erdleitung.

3. Wenn man die dem Reflector zugewendete Endfläche des FARADAY'schen Cylinders mit einer fluorescirenden Substanz (z. B. Hahnfett, welches von Kathodenstrahlen getroffen, sehr schön blau fluorescirt) bestreicht, so leuchtet diese unter dem Einfluss der reflectirten Strahlen hell auf. Mit steigender Verdünnung wird der vom Galvanometer angezeigte Reflexionsstrom und die Fluorescenzintensität grösser. Es braucht dies nicht an einer stärkeren Reflexion der bei grösserer Verdünnung, also unter einem höheren Entladungspotential entstehenden schnelleren Kathodenstrahlen zu liegen, welcher Frage ich bisher nicht näher getreten bin. Es kann dies lediglich daher kommen, dass mit wachsendem Entladungspotential die auf den Reflector auftreffende Kathodenstrahlenmenge bedeutend zunimmt.

4. Nachdem durch die beschriebenen Versuche das zweifellose Vorhandensein einer Reflexion nachgewiesen war, stellte ich nunmehr einige Beobachtungen über das Verhalten verschiedener Metalle bezüglich dieser Eigenschaft an. Veranlasst zu derartigen Messungen sah ich mich durch die Thatsache, dass das Absorptionsvermögen verschiedener Substanzen für Kathodenstrahlen sehr verschieden ist. LENARD[3]) fand hier den Satz, dass die Absorption ungefähr proportional der Dichte der absorbirenden Substanz ist.

Der Reflector in der oben beschriebenen Röhre wurde zu diesen Messungen aus den zu untersuchenden Metallen so angefertigt, dass diese durch eine Drehung des Glasschliffs

1) W. WIEN, Verh. d. phys. Ges. Berlin, Jahrg. **16.** p. 165. 1897.
2) J. J. THOMSON, Phil. Mag. (5) **44.** p. 293. 1897.
3) LENARD, Wied. Ann. **56.** p. 255. 1895.



um 180° ihre Lagen vertauschten. Es wurden dann möglichst schnell hintereinander am Galvanometer die Electricitätsmengen gemessen, welche durch Reflexion an den beiden Seiten des Reflectors in den inneren FARADAY'schen Cylinder transportirt wurden. Auf diese Weise fand ich, dass die verschiedenen Metalle in der That ausserordentlich verschieden reflectiren. Durch mehrfache Combinationen je zweier Metalle konnte ich folgende Reihe aufstellen, in welcher das am stärksten reflectirende Metall an erster Stelle steht:

	Platin	Silber	Kupfer	Zink	Aluminium	und Russ
Dichte:	21,5	10,4	8,5	7,1	2,6	—

Man sieht, dass die schwereren Metalle, wie sie die Kathodenstrahlen stärker absorbiren, dieselben auch mehr reflectiren. Jedoch scheint kein gesetzmässiger Zusammenhang zwischen Reflexion und Dichte zu bestehen. Der Unterschied in der Reflexion an Platin und Kupfer z. B. ist sehr klein, während Kupfer und Aluminium, welche ein ähnliches Dichteverhältniss besitzen, sehr verschieden reflectiren. Als Beispiel einer solchen Reflexionsvergleichung seien in der folgenden Tabelle die Galvanometerausschläge bei reflectirendem Platin und Aluminium mitgetheilt. V ist das gleichzeitig beobachtete Entladungspotential in Volt, σ das Verhältniss der Galvanometerausschläge.

Platin	Aluminium	V	σ
34	20	6300	1,70
37	20	6500	1,85
38	23	7000	1,65
40	25	7000	1,60
46	27	7500	1,70

Sehr deutlich sieht man die Verschiedenheit in der Stärke der Reflexion durch die einzelnen Metalle auch an der Fluorescenz des auf den FARADAY'schen Cylinder gestrichenen Fettes. So leuchtete dasselbe als Platin reflectirte hellblau, während kaum eine Spur von Fluorescenz wahrzunehmen war, als durch Umdrehen des Reflectors Aluminium an die Stelle des Platins trat.

5. Es war natürlich nicht genau zu erreichen, dass nach Drehung des Glasschliffs um 180° das eine Metall vollkommen

die Stelle des anderen einnahm. Wenn schon der Umstand, dass geringere Drehungen keinen bedeutenden Unterschied im Galvanometerausschlag hervorriefen, es wahrscheinlich machte, dass hier eine Fehlerquelle nicht zu finden sein würde, machte ich dennoch wiederholt hierauf die Probe, dadurch, dass ich beide Seiten des Reflectors aus demselben Metall herstellte. Es war dann nie ein Unterschied in der Reflexion wahrzunehmen. Ein solcher war übrigens auch dann nicht vorhanden, wenn die eine Seite aus polirtem, die andere aus dem gleichen, rauh gefeilten Metall bestand. Die Theilchen der Kathodenstrahlen sind anscheinend von einer solchen Kleinheit, dass auch eine fein polirte Fläche für sie noch rauh ist und sie diffus zurückwirft. Entscheidend dafür, dass die kleinen Ortsveränderungen des Reflectors bei der Drehung nicht störte, ist, dass für das Verhältniss der Reflexionen z. B. an Platin und Russ dieselben Zahlen erhalten wurden, gleichviel welche Seite des Platinbleches berusst wurde, und dass nach Fortwischen der Russschicht jeder Unterschied verschwunden war.

6. Wenn die verschiedenen Metalle so verschieden stark reflectiren, so muss man, falls die reflectirte Menge von Kathodenstrahlen eine gegen die auf den Reflector auffallende Menge in Betracht kommende Grösse besitzt, Unterschiede in den Stromstärken bekommen, die ein Galvanometer anzeigt, durch welches der Reflector zur Erde geleitet ist; und zwar müssen diese Unterschiede die entgegengesetzten sein, wie diejenigen der im FARADAY'schen Cylinder gemessenen Reflexionsströme; das stärker reflectirende Metall wird eine geringere Electricitätsmenge in seine Erdleitung schicken. Die Versuche bestätigten diese Erwartung. Eine Wippenvorrichtung wurde so eingerichtet, dass je nach der Stellung I oder II derselben das Galvanometer in die Erdleitung des FARADAY'schen Cylinders oder des Reflectors eingeschaltet war. So wurde hintereinander der Reflexionsstrom i und der durch den Reflector abgeleitete Strom J an demselben Galvanometer gemessen. Da der letztere sehr erheblich stärker ist, so wurde bei Umlegen der Wippe in die Stellung II gleichzeitig ein Quecksilbercontact geschlossen und dadurch ein Nebenschluss vor das Galvanometer gelegt, welcher dessen Empfind-

lichkeit auf den 28,8. Theil reducirte. Der Strom J wurde bei senkrechter Incidenz der Kathodenstrahlen gemessen, während für die Messung von i, um einen möglichst grossen Ausschlag zu erhalten, der Reflector in immer gleicher Weise gegen die Strahlenrichtung geneigt war. Das Verhältniss der Ströme i bei verschiedenen reflectirenden Metallen war für verschiedene Neigungen merklich gleich.

Im Folgenden sind einige der ausgeführten Messungen in Tabellenform wiedergegeben. In der ersten und dritten Columne stehen die den Strömen i und J entsprechenden Galvanometerausschläge bei Anwendung der genannten reflectirenden Substanzen, in der zweiten Columne ist das Verhältniss der Ströme i angegeben. Die vierte Reihe zeigt das gleichzeitig beobachtete Entladungspotential V in Volt. Die Galvanometerempfindlichkeit war bei den Messungen Tab. 1 ohne den Nebenschluss 1 Scth. $= 8{,}2 \cdot 10^{-10}$ Amp., mit demselben 1 Scth. $= 2{,}36 \cdot 10^{-8}$ Amp. Sie war bei anderen Versuchsreihen auch anders gewählt, z. B. bei den in Tab. 2 und 3 verzeichneten etwa dreimal so gross.

1. Russ—Platin.

i		$\frac{i_{Platin}}{i_{Russ}}$	J		V	$100\,k_{Russ}$	$100\,k_{Platin}$
Russ	Platin		Russ	Platin			
8	15	1,88	68	53	6000	17,2	35,4
8	18	2,25	68	53	6000	17,2	35,4
8	18	2,25	83	63	8000	18,5	38,1
8	16	2,00	87	68	8200	18,0	37,1
7	14	2,00	70	55	7500	16,5	34,0
7	13	1,86			7500		
8	17	2,13			7500		
14	29	2,07	139	110	8000	16,5	34,0 }[1]
13	27	2,07	139	109	8000	17,0	35,0 }[1]
	Mittel	2,06				17,3	35,6

1) Hier war das Galvanometer durch Verstellen des Astasirungsmagneten auf fast die doppelte Empfindlichkeit gebracht.

2. Russ — Platin.

i Russ	i Platin	$\frac{i_{Platin}}{i_{Russ}}$	J Russ	J Platin	V	$100\,k_{Russ}$	$100\,k_{Platin}$
22	45	2,05	205	156	6500	17,6	37,3
17	38	2,24	200	152	6000	17,7	37,5
25	52	2,08	242	190	7800	16,1	34,1
24	51	2,12					
	Mittel	2,12				17,2	36,3

3. Aluminium — Platin.

i Al	i Pt	$\frac{i_{Pt}}{i_{Al}}$	J Al	J Pt	V	$100\,k_{Al}$	$100\,k_{Pt}$
20	34	1,70	148	115	6500	23,7	40,7
20	37	1,85	153	120	6500	23,0	39,6
23	38	1,65	151	120	6500	22,2	38,2
25	40	1,60	151	122	7000	21,1	36,3
30	54	1,80	165	135	8000	20,2	34,7
30	52	1,73	167	132	8000	22,5	38,7
36	60	1,67	177	142	9000	21,5	37,0
35	56	1,60	180	146	9000	20,8	35,8
28	52	1,86	177	142	8500	21,5	37,0
	Mittel	1,72				21,8	37,6

4. Russ — Messing.

i Russ	i Messing	$\frac{i_{Messing}}{i_{Russ}}$	J Russ	J Messing	V	$100\,k_{Russ}$	$100\,k_{Messing}$
11	19	1,73	117	95	6800	20,0	35,0
12	21	1,75	124	102	7000	19,1	33,4
13	23	1,77	130	107	7200	19,2	33,6
	Mittel	1,75				19,4	34,0

5. Aluminium — Platin.

i Al	i Pt	$\frac{i_{Pt}}{i_{Al}}$	J Al	J Pt	V	$100\,k_{Al}$	$100\,k_{Pt}$
25	40	1,60	243	201	5500	21,9	36,1
25	40	1,60	245	202	6000	21,3	35,1
26	45	1,73	263	215	6200	21,9	36,1
27	45	1,67	275	225	6500	21,9	36,1
	Mittel	1,65				21,8	35,9

7. Wenn man annimmt, dass das Verhältniss i_2/i_1 der für zwei verschiedene Metalle erhaltenen Reflexionsströme gleich dem Verhältniss der gesammten reflectirten Electricitätsmengen ist, und somit direct den Quotienten k_2/k_1 aus den Reflexionscoefficienten der betreffenden Metalle darstellt, so kann man aus den oben angegebenen Zahlen auch die absoluten Coefficienten berechnen. Unter Reflexionscoefficient ist die Zahl verstanden, welche angiebt, welcher Bruchtheil der auffallenden Menge reflectirt wird. Sei nämlich Y die auf den Reflector in der Zeiteinheit auffallende Electricitätsmenge, so ist diejenige Quantität, die wir bei Ableitung des Reflectors durch das Galvanometer messen: $J = Y(1 - k)$.

Mögen sich die Indices 1, 2 auf zwei verschiedene Metalle beziehen, so bestehen die Gleichungen:

(1) $$J_1 = Y(1 - k_1),$$

(2) $$J_2 = Y(1 - k_2),$$

(3) $$\frac{i_2}{i_1} = \frac{k_2}{k_1}.$$

Aus den ersten beiden Gleichungen folgt das Verhältniss

$$\frac{J_2}{J_1} = \frac{1 - k_2}{1 - k_1}.$$

Eliminirt man in diesem Ausdruck mit Hülfe von Gleichung (3) die Grösse k_2, so folgt für k_1 der Werth:

$$k_1 = \frac{J_2 - J_1}{J_2 - J_1 \frac{i_2}{i_1}}.$$

Nach Gleichung (3) ist dann auch k_2 gegeben.

Ich habe auf diese Weise die Grösse k für Platin, Messing, Aluminium und Russ berechnet und in den beiden letzten Columnen der Tabellen mit 100 multiplicirt angegeben. Die Zahlen geben so die procentische Reflexion. Für das Verhältniss i_2/i_1 wurde bei der Berechnung der bei jeder Tabelle angegebene Mittelwerth benutzt. Die Berechnungsmethode setzt voraus, dass die beiden Metalle so schnell hintereinander untersucht werden, dass die Gesammtmenge Y auffallender Kathodenstrahlelectricität für beide dieselbe ist. Dies war bei den Beobachtungen angenähert der Fall. Die für die Reflexionscoefficienten gefundenen Zahlen, welche für senkrechte

Incidenz gelten, zeigen, dass von den auf ein Metallblech auffallenden Kathodenstrahlen ein sehr grosser Bruchtheil, bei Platin z. B. etwa 36 Proc., reflectirt wird. Die Uebereinstimmung der aus verschiedenen Versuchen gewonnenen Zahlen ist ziemlich gut. Doch kann diese Bestimmungsart selbstverständlich nicht die directe Methode ersetzen, welche darin besteht, dass man den vom Reflector abgeleiteten Strom und ferner die gesammte reflectirte Electricitätsmenge misst, wofür leicht eine Anordnung geschaffen ist.

Berlin, Physikalisches Institut der Universität.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 17. Nr. 8.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 24. Juni 1898.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Hr. **H. Kreusler** (a. G.) sprach

über den photoelectrischen Effect in der Nähe des Entladungspotentials.

Hr. **F. Kurlbaum** machte darauf eine Mittheilung

über Temperaturdifferenz zwischen der Oberfläche und dem Innern eines strahlenden Körpers.

Hr. **E. Warburg** demonstrirte

die Verzögerung bei der Funkenentladung.

Ueber den photoelectrischen Effect in der Nähe des Entladungspotentials;

von H. Kreusler.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 24. Juni 1898.)

(Vgl. oben p. 85.)

Durch Versuche von WARBURG ist festgestellt worden, dass der eigentlichen Funkenentladung ein äusserst schwacher electrischer Strom vorausgeht, dessen Ausbildung unter gewöhnlichen Umständen eine längere Zeit, die Verzögerungsperiode, beanspruchen kann, welcher aber bei Bestrahlung der Funkenstrecke mit ultraviolettem Licht infolge der von HALLWACHS entdeckten Wirkung (HALLWACHS'scher Effect, photoelectrischer Strom) sofort entsteht. Daher fällt die Verzögerungsperiode bei Bestrahlung der Electroden fort, und darauf beruht der Hauptsache nach die zuerst von HERTZ beobachtete Wirkung des Lichtes auf Funkenentladungen (HERTZ'scher Effect).

Es ist nun auffällig, dass der HERTZ'sche Effect bei allen Metallen in gleicher Weise auftritt, während der durch das Licht hervorgerufene photoelectrische Strom nach den Beobachtungen von HALLWACHS u. a. sehr stark von der Natur der Metalle abhängt und bei einzelnen Metallen fast unmessbar schwach ist.

Es liegt nun die Vermuthung nahe, dass bei einer Untersuchung des „HALLWACHS-Effectes“ unter Bedingungen, wie sie dem HERTZ'schen Phänomen zu Grunde liegen, d. h. in der Nähe des Entladungspotentials, auch die bei niederen Potentialen wenig empfindlichen Metalle eine intensive Wirkung zeigen.

Die mit Bezug hierauf angestellten Versuche haben diese Vermuthung bestätigt.

Vergleicht man beispielsweise bei einem Entladungspotentiale von ca. 4060 Volt die Empfindlichkeiten von Cu und Fe, so zeigt sich, dass bei ca. 3500 Volt Cu etwa 30 mal empfindlicher ist als Fe, während bei ca. 4030 Volt Cu nur noch eine ungefähr dreimal grössere Empfindlichkeit zeigt als Fe.

Die Intensitäten des lichtelectrischen Stromes sind bei weit unterhalb des Entladungspotentials liegenden Potentialen diesen annähernd proportional und nehmen mit denselben langsam zu. Bei einem gewissen Abstand vom Entladungspotential indessen steigen sie bei allen Metallen ausserordentlich stark an.

Die Versuchsanordnung war folgende:

Die als Kathode dienenden Metalle hatten die Gestalt kleiner Kalotten *K* (vgl. Fig. 1), welchen gegenüber in ca.

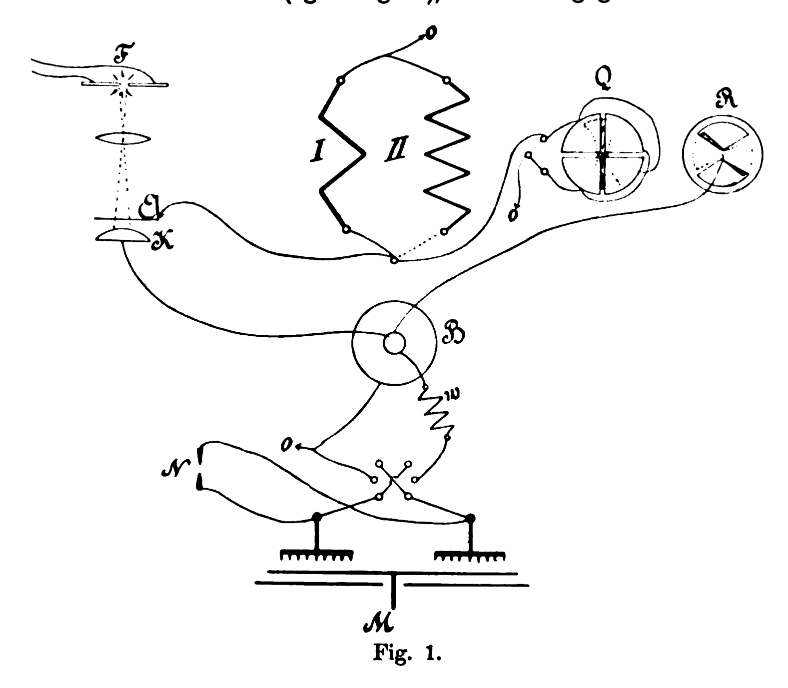


Fig. 1.

1 mm Abstand sich ein dünner Platindraht *A* als Anode befand. Dieselbe stand mit einem Quadrantenpaar eines Thomson'schen Electrometers *Q* in Verbindung und konnte abwechselnd durch einen der Widerstände I und II mit der Erde verbunden werden. Das zweite Quadrantenpaar hatte dauernde Erdverbindung. Die Widerstände bestanden aus ca. 150 cm langen Glasröhren, die an ihren Enden in Ansätzen, ähnlich den gewöhnlichen Reagenzgläsern, Cadmiumelectroden von ca. 20 cm² Oberfläche trugen. Gefüllt waren diese Röhren mit einer mit Xylol verdünnten Lösung von

Jodcadmium in Amylalkohol. Der Widerstand I betrug 3556.10^5, II 1743.10^7 Ohm.

Als Electricitätsquelle diente eine permanent laufende Influenzmaschine *M*. Die nöthige Constanz der Potentialdifferenz wurde erreicht durch Verbinden der Kathode mit einer grossen Batterie Leydener Flaschen *B* und Einschalten eines CdJ_2-Amylalkoholwiderstandes *w* zwischen Batterie und Maschine. Ausserdem hatte die Maschine im Nebenschluss zwei die Spitzen einander zukehrende Bündel feiner Nadeln *N*, deren Abstand sich durch eine Schraube variiren liess, wodurch ermöglicht wurde, das Potential auch auf jeder gewünschten Höhe dauernd zu erhalten. Bei sehr niedrigen Potentialen wurden die Nadelbündel durch ein kleines Dach aus Carton überbrückt.

Zur Bestrahlung wurde mittels einer Quarzlinse von ca. 2 mm langen Aluminiumfunken auf der Kathode ein reelles Bild entworfen. Die Intensität des hierbei auftretenden photoelectrischen Stromes wurde ermittelt durch Messung der Potentialdifferenzen an den Enden der Widerstände mit dem Quadrantelectrometer. Das Potential der Kathode wurde mit einem Righi'schen Reflexionselectrometer *R* gemessen.

Die Beobachtung wurde so ausgeführt, dass die erste Ablesung bei einem dem Entladungspotential möglichst nahen, die folgenden successive bei immer niedrigeren Potentialen geschahen und umgekehrt. Die Kathodenpotentiale wurden als Abscissen, die zugehörigen Werthe des photoelectrischen Stromes als Ordinaten aufgetragen und die so erhaltenen Punkte durch Curven verbunden.

Es ergab sich nun, dass die Werthe, die beim Uebergang von hohen zu niederen Potentialen erhalten wurden, wesentlich höher waren, als die in umgekehrter Reihenfolge gefundenen, was darauf zurückzuführen ist, dass eine Bestrahlung mit Licht kurzer Wellen die lichtelectrische Empfindlichkeit herabmindert; mit anderen Worten: durch Bestrahlung ermüdet die Kathodenoberfläche.

Diese Ermüdung beruht nicht auf Oxydation, da auch Pt dieselbe zeigt; auch ist sie nicht auf Verunreinigung der Kathode, etwa durch Staub aus der Luft zurückzuführen, was durch folgenden Versuch festgestellt wurde.

Eine Kathode von Zn wurde auf 3320 Volt geladen und der photoelectrische Strom gemessen. Vor jeder Ablesung wurde die Kathode einige Zeit entweder belichtet oder dunkel gehalten und zwar ohne Ladung. Das Resultat ergiebt sich aus folgenden Zahlen:

Intensität des photoelectrischen Stromes.

zu Anfang	$1{,}36 \cdot 10^{-10}$	Amp.
nach 8 Min. ohne Belichtung	$1{,}33 \cdot 10^{-10}$	„
„ 5 „ Belichtung	$1{,}16 \cdot 10^{-10}$	„
„ 6 „ ohne Belichtung	$1{,}16 \cdot 10^{-10}$	„
„ 5 „ Belichtung	$1{,}02 \cdot 10^{-10}$	„
„ 5 „ ohne Belichtung	$1{,}02 \cdot 10^{-10}$	„
„ 6 „ Belichtung	$0{,}85 \cdot 10^{-10}$	„

Eine Oberflächenänderung wird durch das Licht jedenfalls herbeigeführt, denn nach längerem Bestrahlen markirte sich der Schatten der Anode auf der Kathode beim Anhauchen als scharfe Linie. Silber zeigte eine deutlich nachweisbare Ermüdung nicht.

Um die Versuchsresultate von dem Einfluss der Ermüdung zu befreien, wurde folgendermaassen verfahren:

Nach der oben beschriebenen Beobachtungsweise wurden zunächst zwei Curven erhalten; die erste stellt den Verlauf des photoelectrischen Stromes bei abnehmendem, die zweite bei steigendem Kathodenpotential dar. Bei dem niedrigsten Kathodenpotential stossen beide Curven zusammen. Der zuerst beobachtete Maximalwerth entspricht der Anfangsempfindlichkeit. Da nun beide Curven die gleiche Anzahl Beobachtungspunkte haben, wird durch die aus den beiden beobachteten Curven construirte Mittelcurve der Stromverlauf für eine constante mittlere Empfindlichkeit repräsentirt. Bezeichnet man die Maximalordinate der ersten Curve mit a, die Maximalordinate der Mittelcurve mit b, so drückt das Verhältniss a/b das Maass aus, um welches die Empfindlichkeit bis zu der durch die Mittelcurve dargestellten gesunken ist. Multiplicirt man die Ordinaten der Mittelcurve mit diesem Quotienten, so erhält man die der Anfangsempfindlichkeit entsprechenden Werthe.

Wegen des ausserordentlich steilen Verlaufes der Curven nahe am Entladungspotential war nur eine angenäherte Bestimmung des Ermüdungsmaasses möglich.

Untersucht wurden Zn, Fe, Cu, Ag, Pt, Al, amalgamirtes Cu und berusstes Al. Die Resultate einiger Versuchsreihen sind in folgenden Tabellen zusammengestellt. (Fig. 2.)

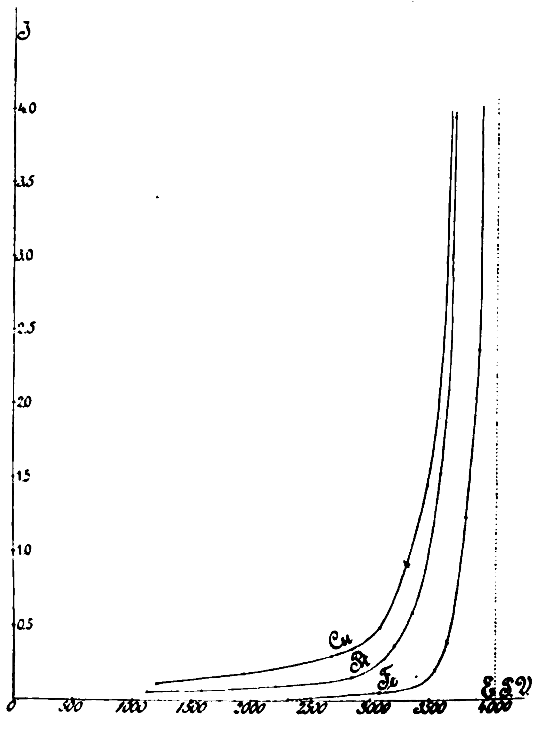


Fig. 2.

Bei sehr grosser Annäherung an das Entladungspotential erwies sich auch das Licht einer Kerze als wirksam, sowie das Licht des Al-Funkens, nachdem es durch eine Glasplatte filtrirt war.

Bei positiver Ladung konnte ein deutlich nachweisbarer Effect nicht constatirt werden.

EP = Entladungspotential, V = Kathodenpotential in Volt, J = Intensität des photoelectrischen Stromes in Ampères.

Pt ($EP = 4060$)		Cu ($EP = 4050$)		Fe ($EP = 4070$)	
V	J	V	J	V	J
4035	$98{,}09 \cdot 10^{-10}$	4030	$92{,}81 \cdot 10^{-10}$	4030	$31{,}64 \cdot 10^{-10}$
3970	$29{,}29 \cdot 10^{-10}$	3975	$35{,}70 \cdot 10^{-10}$	3980	$8{,}06 \cdot 10^{-10}$
3860	$11{,}80 \cdot 10^{-10}$	3820	$12{,}00 \cdot 10^{-10}$	3915	$2{,}36 \cdot 10^{-10}$
3710	$3{,}93 \cdot 10^{-10}$	3695	$6{,}17 \cdot 10^{-10}$	3795	$1{,}23 \cdot 10^{-10}$
3635	$1{,}92 \cdot 10^{-10}$	3600	$2{,}28 \cdot 10^{-10}$	3640	$0{,}39 \cdot 10^{-10}$
3580	$1{,}53 \cdot 10^{-10}$	3475	$1{,}45 \cdot 10^{-10}$	3535	$0{,}20 \cdot 10^{-10}$
3350	$0{,}59 \cdot 10^{-10}$	3290	$0{,}92 \cdot 10^{-10}$	3080	$0{,}05 \cdot 10^{-10}$
3205	$0{,}37 \cdot 10^{-10}$	3075	$0{,}49 \cdot 10^{-10}$	2310	$0{,}01 \cdot 10^{-10}$
2845	$0{,}16 \cdot 10^{-10}$	2680	$0{,}31 \cdot 10^{-10}$		
2210	$0{,}10 \cdot 10^{-10}$	1935	$0{,}19 \cdot 10^{-10}$		
1575	$0{,}07 \cdot 10^{-10}$	1200	$0{,}12 \cdot 10^{-10}$		
1120	$0{,}06 \cdot 10^{-10}$				

Demonstration der Verzögerung bei der Funkenentladung; von E. Warburg.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 24. Juni 1898.)

(Vgl. oben p. 85.)

Die Versuche über die Verzögerung bei der Funkenentladung [1]) werden im gefüllten Auditorium, wenn die Funkenstrecke in der freien Luft aufgestellt ist, theils durch die Luftfeuchtigkeit, theils vielleicht durch den atmosphärischen Staub leicht vereitelt, gelingen aber sehr sicher, wenn die Funkenstrecke in geschlossenem und getrocknetem Raume sich befindet. Ich verwende eine kleine Glasglocke, wie ich sie gerade für den Zweck passend vorfand; sie ist mit einem Quarzfenster versehen und ihr Inhalt wird durch Phosphorpentoxyd trocken gehalten. Von den blankgeputzten Kugeln der Funkenstrecke ist die eine zur Erde abgeleitet, während die andere mittels eines geeigneten Schiessapparates entweder dauernd oder während sehr kurzer Zeit an die innere, mit einem Braun'schen Electrometer verbundene Belegung einer kleinen Leydener Flasche angelegt werden kann. Man zeigt mit meinem Apparate, dass im ersten Falle ein Potential von 5000 Volt immer entladen wird, dass im zweiten Fall ein Potential von 5000—10 000 Volt nie oder immer entladen wird, je nachdem ultraviolettes Licht der Bogenlampe von der Funkenstrecke abgehalten oder zu ihr zugelassen wird.

Berlin, den 28. Juni 1898.

---

1) E. Warburg, Wied. Ann. **59.** p. 1. 1896; **62.** p. 385. 1897.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.



Jahrg. 17. Nr. 9.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 8. Juli 1898.

Vorsitzender: Hr. W. v. Bezold.

Hr. **R. Neuhauss** (a. G.) sprach in einem von Projectionen begleiteten Vortrage

über die Photographie in natürlichen Farben nach Lippmann's Verfahren und den Nachweis der dünnen Zenker'schen Blättchen.

Hr. **H. du Bois** besprach und demonstrirte darauf

einige neuere electromagnetische Apparate.

Hr. **E. Aschkinass** machte dann eine Mittheilung

über die Emission des Quarzes in dem Spectralbereich seiner metallischen Absorption.

Ueber die Photographie in natürlichen Farben nach Lippmann's Verfahren und den Nachweis der dünnen Zenker'schen Blättchen; von R. Neuhauss.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 8. Juli 1898.)

(Vgl. oben p. 93.)

Seit einer Reihe von Jahren beschäftigt der Vortragende sich eingehend mit dem LIPPMANN'schen Farbenverfahren. Die neuesten Ergebnisse seiner Studien legte er in einer Schrift nieder, die vor wenigen Wochen bei W. KNAPP in Halle a. S. erschien. (Dr. med. R. NEUHAUSS, Die Farbenphotographie nach LIPPMANN's Verfahren. Neue Untersuchungen und Ergebnisse.) An der Hand einer grossen Reihe von farbigen Aufnahmen wies Vortragender nach, dass sich zur Herstellung von Spectren Eiweissplatten, zur Herstellung von Mischfarbenaufnahmen besonders präparirte Bromsilbergelatineplatten in hervorragendem Maasse eignen.

Durch verschiedene Beispiele wurde die Wirkung von Jod- und Bromzusatz zum Silbereiweiss veranschaulicht. Auf alle Fälle giebt reines Silberalbuminat die Spectralfarben am besten wieder.

Bei gekreuzten Spectren und in den Fällen, wo man ein umgekehrtes Spectrum auf ein bereits vorhandenes photographirt, traten auf der Glasseite TALBOT'sche Interferenzstreifen auf.

Von Mischfarbenaufnahmen führte Vortragender einen ausgestopften Papagei, verschiedene Frucht- und Blumenstücke vor. Dann wurde die Entstehung der Farben, die ZENKER'sche Theorie, erörtert. Nachdem O. WIENER in einer klassischen Arbeit bewiesen hatte, dass stehende Wellen zu Stande kommen, wenn ein an einer spiegelnden Fläche reflectirter Strahl mit dem einfallenden Strahl interferirt, war noch der directe Beweis zu erbringen, dass bei den nach LIPPMANN's Verfahren hergestellten Farbenbildern thatsächlich dünne, durch stehende

Lichtwellen erzeugte Silberschichten vorhanden sind, die ihrerseits das Entstehen der Farben verursachen. Ein solcher Beweis ist nur an Querschnitten durch die Bildschicht zu erbringen. Nachdem eine reichliche Anzahl derartiger Querschnitte hergestellt war, prüfte Vortragender dieselben mit den besten optischen Hülfsmitteln. Die Streifung konnte aber erst entdeckt werden, als bei mikrophotographischen Aufnahmen blaues Licht benutzt wurde. Es würde uns zu weit führen, hier genau auf die Gründe einzugehen, weshalb die Lösung der Streifensysteme nur bei blauem Lichte möglich war. All diese Dinge hat Vortragender in oben angeführter Schrift und in einem kürzlich in WIEDEMANN's Annalen [1]) erschienenen Aufsatze eingehend behandelt. Schliesslich gelang die Auflösung auch bei weissem Lichte und centraler Beleuchtung mit einer von der Firma ZEISS eigens für diese Zwecke zur Verfügung gestellten, vorzüglich corrigirten Apochromatölimmersion 2 mm Brw., 1,40 mm Ap.

Bei den vom Vortragenden in viertausendfacher, directer Linearvergrösserung gefertigten Aufnahmen stimmt der thatsächlich vorhandene Streifenabstand mit dem errechneten genau überein. Damit ist der directe Beweis erbracht, dass die ZENKER'sche Theorie, betreffend das Zustandekommen der Farben bei photographischen Aufnahmen, nach LIPPMANN's Farbenverfahren richtig ist.

In der an diese Mittheilung sich anschliessenden Discussion wies Hr. O. LUMMER darauf hin, dass der Einfluss zu untersuchen ist, den auf die Farbenerzeugung das feine Gitterwerk, welches durch den körnigen Silberniederschlag gebildet wird, ausübt. Wie die vorgeführten mikrophotographischen Aufnahmen beweisen, haben wir es bei den sogenannten dünnen „Blättchen“ keineswegs mit zusammenhängenden, gleichmässigen Schichten, sondern mit feinen Sieben, die also Beugungserscheinungen hervorrufen müssen, zu thun. In erster Linie wäre zu prüfen, wie sich die Farben verändern, wenn man durch Bestäuben der Bildschicht ein neues, aus feinsten Körnchen gebildetes „Sieb“ hinzufügt.

---

1) NEUHAUSS, Wied. Ann. 65. p. 164. 1898.



Hr. Neuhauss bestätigt, dass diese durchaus neue Anregung grösste Beachtung verdient und verspricht, die Untersuchungen nach dieser Richtung hin fortzusetzen. Damit auch andere, ohne solche Aufnahmen erst selbst herstellen zu brauchen, an der Fortsetzung der überaus wichtigen Untersuchungen sich betheiligen können, vertheilt Vortragender an diejenigen Mitglieder der Gesellschaft, welche sich für den Gegenstand interessiren, eine Reihe farbiger Spectralaufnahmen.

Einige neuere electromagnetische Apparate;
von H. du Bois.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 8. Juli 1898.)

(Vgl. oben p. 93.)

Die Instrumente stellen die letzte Vervollkommnung der am 17. Juni 1892 der physikalischen Gesellschaft sub 6, 7 und 8 demonstrirten Apparate dar[1]); sie können nunmehr füglich als Neuconstructionen gelten.

1. Magnetische Waage. Während der seither vergangenen sechs Jahre hat die magnetische Materialprüfungstechnik sich ausserordentlich entwickelt, nicht zum mindesten infolge der ihr von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt geschenkten Aufmerksamkeit. Es ist einerseits eine Reihe von vorwiegend technischen Instrumenten entstanden, mittels derer eine mehr oder weniger grosse Anzahl der ein ferromagnetisches Material charakterisirenden Bestimmungsstücke bequem gefunden werden kann. Andererseits ist das die Wirkung der magnetischen Waage beherrschende MAXWELL'sche Gesetz der Zugkraft von Hrn. TAYLOR JONES innerhalb eines sehr ausgedehnten Bereiches experimentell genau bestätigt worden. Ich glaubte angesichts dieser Sachlage die Waage in der Richtung verbessern zu sollen, dass ich versuchte sie auch zu einem wissenschaftlichen Instrumente von möglichst weitgehender Präcision, ausgedehntem Messbereiche und bequemer Handhabung zu entwickeln. Die in der Reichsanstalt gesammelten werthvollen Erfahrungen der Herren EBELING, ERICH SCHMIDT und ORLICH, sowie meine eigenen wurden dabei selbstverständlich in ausgiebiger Weise berücksichtigt.

Im Gegensatz zur früheren Form der Waage ist der Normalquerschnitt der 33 cm langen Probestäbe von 1 qcm auf 0,5 qcm (0,798 cm Durchmesser bei kreisrundem, bez. 0,707 cm Kantenlänge bei quadratischem Profil) verringert worden; der Querschnitt des Joches ist vergrössert und erscheint daher im Ver-

---

1) H. DU BOIS, Verhandl. d. physik. Gesellsch. zu Berlin p. 54. 1892.

hältniss zum Stabquerschnitt mehr als verdreifacht. Die lichte Weite der beiden Schlitze soll im allgemeinen nahezu die gleiche sein und nur etwa 0,25 mm betragen. Infolge dessen ist der Entmagnetisirungsfactor bedeutend geringer als früher und nur mehr von der Ordnung eines Tausendstel. Ausser den bisher ausschliesslich benutzten magnetischen „Stirncontacten" sind auch die jetzt vielfach üblichen Klemmbacken dem Apparat beigegeben, die indessen nur bei rundem oder quadratischem Stabprofil verwendbar sind.

Die „Ungleichseitigkeit" der Ablesungen, welche von Hrn. F. Kohlrausch auf den Einfluss der verticalen Componente des Erdfeldes zurückgeführt worden ist, lässt sich durch einen, auf der Mittellinie der Waage parallel verschiebbaren verticalen Compensationsmagnet (Stricknadel) ohne weiteres aufheben. Die Spule besteht aus 2400 Windungen in einem Sinn, sowie aus 400 weiteren Umwindungen im entgegengesetzten Sinne. Die erzeugte magnetomotorische Kraft beträgt daher 1000 I Ampèrewindungen, wenn I die Stromstärke bezeichnet; dagegen ist die resultirende „Windungsfläche" derart abgeglichen, dass sie nur dem Normalquerschnitt von 0,5 qcm entspricht (d. h. also $2000 \times 0{,}5 = 1000$ qcm beträgt). Die Anwendung derartiger Compensationsspulen mit beschränkter bez. genau aufgehobener oder gar negativer Windungsfläche dürfte sich auch in manchen anderen Fällen als vortheilhaft erweisen. Wie nach dem Maxwell'schen Gesetze zu erwarten und mittels ballistischer Messungen erhärtet wurde, ist die Scala sehr nahe quadratisch bis zum Inductionswerthe 21500 C.G.S.

Im Vorhergehenden sind die wesentlichsten Abänderungen gegen die frühere Construction der magnetischen Waage namhaft gemacht; weitere Einzelheiten und Erfahrungen gedenke ich demnächst zu veröffentlichen. (Es wurde eine von der Firma Siemens & Halske, Act.-Gesellsch., hergestellte magnetische Waage neben älteren Modellen vorgeführt.)

Bei den erwähnten ballistischen Versuchen bewährte sich ein gabelförmiger Normalmagnet, mittels dessen ein constanter Inductionsfluss von 100000 bez. 500000 C.G.S. zur Aichung bez. zur Controle des benutzten Raps'schen Galvanometers, vom d'Arsonval'schen Typus, zur Verfügung stand. (Ein Exemplar wurde demonstrirt.)



2. Halbring-Electromagnet zur Erzeugung intensiver Felder. Der von mir l. c. beschriebene Ringelectromagnet wiegt 270 kg und verbraucht ca. 5 Kilowatt. Infolge der von mehreren Herren Fachgenossen im Laufe der Zeit an mich gerichteten Anfragen wegen eines leichteren Apparates mit geringeren electrischen Ansprüchen entschloss ich mich zum Entwurf eines solchen. Die heutzutage vorliegende, wohlbegründete Theorie des magnetischen Kreises, die Erfahrungen mit meinem Ringelectromagnet, sowie die Möglichkeit Stahlguss — statt des früher allein brauchbaren Schmiedeeisens aus Schweden — zu benutzen, trugen zur Erleichterung dieser Aufgabe ungemein bei.

Der neue Apparat stellt sich im grossen und ganzen als eine auf 80 Proc. linear (ca. 50 Proc. kubisch) reducirte Reproduction des Ringelectromagnets dar, wobei ausserdem das untere Dritttheil abgeschnitten und durch eine mit dem nöthigen Zubehör versehene Grundplatte ersetzt ist. Auf letzterer können die beiden kreisbogenförmigen Schenkel verschiebbar und drehbar gleiten bez. fixirt werden; der Apparat dürfte etwa 125 kg wiegen und ist die Benutzung auf Laboratoriumstischen vorgesehen. Flachpole und konische Pole, deren Winkel nach den vorliegenden Erfahrungen möglichst günstig normirt wurden, werden beigegeben. Der Apparat soll 8 Spulen tragen, welche je nach der vorhandenen Electricitätsquelle zu schalten sind; einer Normalspannung von 100 Volt soll bei Hintereinanderschaltung ein Strom von ca. 15 Amp. entsprechen, d. h. also eine Leistung von nur 1,5 Kilowatt. Nach meinen Vorberechnungen wird die Feldintensität cet. par. naturgemäss um einige Tausende hinter derjenigen des Ringelectromagnets zurückbleiben, indessen werden doch vermuthlich höhere Werthe als bei den üblichen Electromagneten erreichbar sein.

Die Firma Hartmann & Braun in Bockenheim beschäftigt sich seit einiger Zeit mit dem Bau des beschriebenen Apparates.[1])

---

1) Inzwischen erfuhr ich von ähnliche Ziele verfolgenden Bemühungen des Hrn. Pierre Weiss (l'Eclairage électrique **15.** p. 481. 18. Juni 1898), welcher sich ebenfalls durchaus auf meine Veröffentlichung über den Ringelectromagnet (du Bois, Wied. Ann. **51.** p. 537. 1894) stützt.

(Es wurde eine Werkzeichnung des Halbring-Electromagnets vorgelegt.)

3. Panzergalvanometer (in Gemeinschaft mit Hrn. **Rubens** construirt). Die in der Sitzung vom 17. December 1897 vorgetragenen Untersuchungen über mehrschalige, insbesondere zweischalige Panzer[1]) führten uns zu neuen, bez. modificirten Anordnungen jener schützenden Hüllen, und zwar in Anlehnung an unsere früheren Galvanometerconstructionen.

A. Zweispuliges Kugelpanzer-Galvanometer. Die Spulen sind nahezu in Form von Halbkugeln gewickelt und werden von einem zweischaligen Kugelpanzer umhüllt.

Die Trennungsebene der Halbkugeln aus Stahlguss von möglichst hoher Anfangspermeabilität ($\mu \leqq 250$) stehen vertical und zwar bei den inneren und äusseren Schalen in senkrechten Azimuthen. Zwei Richtmagnete — ebenfalls durch Theile von Kugelflächen begrenzt — sind innerhalb des Hohlraumes zwischen den beiden Schalen drehbar angeordnet; ihre Einstellung lässt sich dabei von aussen her bewirken. Das Gehänge wird durch eine Oeffnung im Panzer nach unten hindurchgeführt und trägt dort Spiegel und Luftdämpfer. Zur Vermeidung von Thermoströmen ist die Strombahn durchweg aus Kupfer hergestellt; die Spulen sind wie früher bequem auswechselbar. (Es wurde ein von der Firma Siemens und Halske, Act.-Gesellsch., im „Rohbau" fertig gestelltes Kugelgalvanometer demonstrirt.)

B. Vierspuliges astatisches Panzergalvanometer. Das von uns im März 1896 im hiesigen electrotechnischen Verein ausgestellte astatische Panzergalvanometer hat sich seitdem bewährt. Das dabei angewendete Verfahren der Differentialastasirung gedenken wir weiter auszubilden und demgemäss einen cylindrischen Doppelpanzer aus Stahlguss zu verwenden, dessen äussere Schale in der Axenrichtung verschiebbar ist. Wir hoffen darüber Näheres berichten zu können, sobald die ebenfalls von den Herren Siemens & Halske in Angriff genommene Construction dieses Instrumentes weiter fortgeschritten sein wird.

1) du Bois, Verhandl. d. physik. Gesellsch. **16.** p. 180. 1897; Wied. Ann. **63.** p. 348. 1897 und **65.** p. 1. 1898; Magnetic Shielding, London 1898.



Ueber die Emission des Quarzes in dem Spectralbereiche seiner metallischen Absorption; von E. Aschkinass.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 8. Juli 1898.)

(Vgl. oben p. 93.)

In einer im April dieses Jahres erschienenen Arbeit „Ueber die Wärmeemission des Steinsalzes“ kam Hr. M. Abramczyk[1]) zu dem Schluss, dass die von erhitztem Steinsalz ausgesandte Energie zum beträchtlichen Theile Strahlen solcher Wellenlängen enthalten müsse, welche dem Gebiete seiner metallischen Absorption und Reflexion angehören. Hr. Prof. Rubens und ich nahmen unlängst gelegentlich einer Publication über „Die Reststrahlen von Steinsalz und Sylvin“ Veranlassung, dieses Ergebniss einer kritischen Besprechung zu unterziehen.[2]) Wir zeigten, dass die Betrachtungsweise des Hrn. Abramczyk unzulässig ist und daher zu unrichtigen Resultaten führen muss. Wir bemerkten schliesslich, es sei auch von vornherein nicht wahrscheinlich, dass ein Körper mit blanken Oberflächen diejenigen Strahlen in besonders hohem Betrage aussende, für welche metallische Reflexion vorhanden sei; ja, es könne sogar in seinem Emissionsspectrum unter Umständen gerade hier ein Minimum auftreten.

Eine weitere Ueberlegung hat mir nun gezeigt, dass von den Körpern, welche eine experimentelle Prüfung dieser letzten Vermuthung gestatten, vorzüglich der Quarz eine Bestätigung derselben verspricht, und dass sich der Emissionsverlauf für diesen Körper aus bereits vorliegenden Daten im voraus berechnen lässt.

Ob sich nämlich thatsächlich ein Minimum der bezeichneten Art im Spectrum eines erhitzten Körpers zeigen wird, das hängt ab von der Dicke der strahlenden Schicht, dem Verlauf des Absorptions- und des Reflexionscoefficienten,

---

1) M. Abramczyk, Wied. Ann. **64.** p. 625. 1898.

2) H. Rubens u. E. Aschkinass, Wied. Ann. **65.** p. 255. 1898.

und endlich von der Temperatur. Wählt man nun aber für die Schichtdicke den günstigsten Fall, nämlich macht man dieselbe so gross, dass keine Strahlung der betreffenden Wellenlängen durch den Körper hindurchtreten kann, so bleiben von diesen vier Bestimmungsgrössen nur zwei übrig, nämlich die Temperatur und die spectrale Vertheilung der Reflexion. Da es sich aber hier überhaupt nur um solche Spectralgebiete handelt, in denen der Absorptionsindex beträchtliche Werthe aufweist, so ist der letztgenannten Beingung bereits durch eine Schicht von ziemlich geringer Dicke Genüge geleistet. So z. B. ist bei Quarz im Gebiete von ca. 5 μ bis über 20 μ hinaus eine Platte von 1 mm bereits bei weitem ausreichend.

Nach dem Kirchhoff'schen Gesetze ist nun das Emissionsvermögen E eines beliebigen Körpers für eine bestimmte Wellenlänge und Temperatur:

$$E = A\varphi,$$

wenn A sein Absorptionsvermögen und φ das entsprechende Emissionsvermögen eines vollkommen schwarzen Körpers bedeutet. In unserem Falle, wo der strahlende Körper völlig undurchlässig ist, wird aber

$$A = 1 - R,$$

wenn R sein Reflexionsvermögen bezeichnet; also erhalten wir:

$$E = (1 - R)\varphi.$$

Wie man aus dieser Gleichung ersieht, wird man ein Emissionsminimum in der Gegend eines metallischen Reflexionsstreifens dann erwarten können, wenn die Reflexionscurve (als Function der Wellenlänge) in jenem Bereiche einen recht steilen Verlauf nimmt und gleichzeitig die Temperatur des strahlenden Körpers eine derartige ist, dass sich die Grösse φ in der nämlichen Spectralregion nur langsam mit der Wellenlänge ändert. Dass die erste dieser beiden Bedingungen für Quarz erfüllt ist, geht aus den Untersuchungen von Hrn. E. F. Nichols[1]) hervor, der im ultrarothen Spectrum das Reflexionsvermögen des Quarzes bis 9 μ verfolgt hat. Hr. Nichols fand dabei zwei Stellen metallischer Reflexion bei 8,42 μ und 8,80 μ, deren Vorhandensein auch kurze Zeit

1) E. F. Nichols, Wied. Ann. **60**. p. 401. 1897.



darauf durch die Beobachtung der Reststrahlen des Quarzes bestätigt wurde.[1])

Was nun die Strahlungsfunction φ des absolut schwarzen Körpers betrifft, so ist uns dieselbe durch die von Hrn. W. WIEN[2]) aufgestellte Formel gegeben, welche wohl schon auf Grund der bisher vorliegenden diesbezüglichen Versuche als gültig betrachtet werden darf. Nach dieser Formel ist:

$$\varphi = \frac{b_1}{\lambda^5} e^{-\frac{b_2}{\lambda \vartheta}},$$

worin b_1 und b_2 zwei Constanten, λ die Wellenlänge und ϑ die absolute Temperatur bedeuten. Dieser Ausdruck lehrt uns, wie wir zufolge der oben genannten Bedingung am vortheilhaftesten die Temperatur zu wählen haben. Bei constantem ϑ ändert sich nämlich φ sehr wenig mit λ erstens da, wo es ein Maximum hat, zweitens bei allen Wellenlängen, die sehr viel grösser sind als diejenige dieses Maximums. Es ergiebt sich hieraus, dass wir in unserem speciellen Beispiel, nämlich für Quarz, einen experimentell leicht zu verificirenden Fall vor uns haben, wenn wir die Temperatur so wählen, dass das Energiemaximum des „schwarzen" Körpers auf ungefähr 8—10 μ fällt, wo eben die metallische Reflexion stattfindet.

Aus der WIEN'schen Gleichung folgt, dass die Wellenlänge des Energiemaximums λ_m und die zugehörige Temperatur ϑ miteinander in der einfachen Beziehung stehen:

$$\lambda_m \,.\, \vartheta = \frac{b_2}{5}.$$

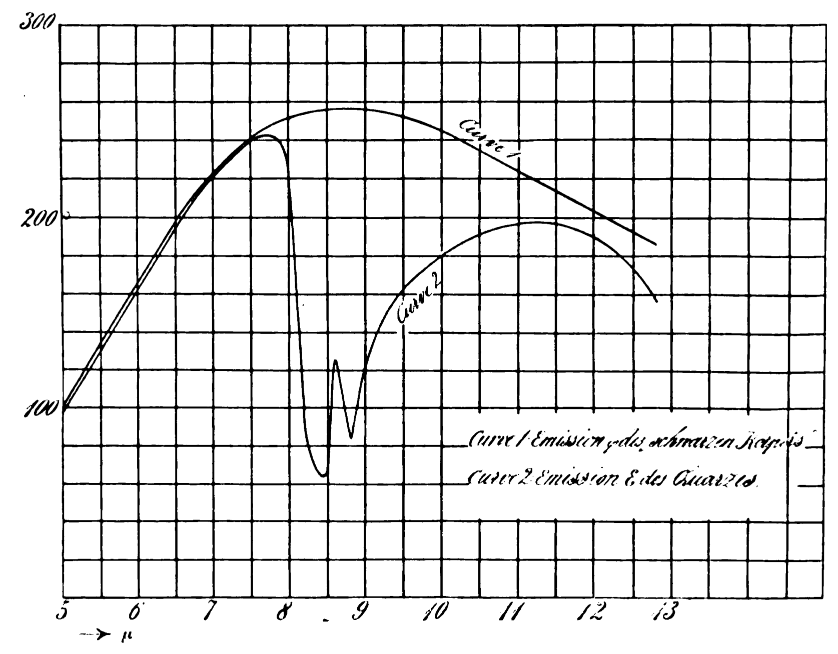
Man kann also für ein gegebenes λ_m die erforderliche Temperatur ϑ berechnen, sobald die Constante b_2 bekannt ist. Nach Versuchen, die vor kurzem im Physikalischen Institut

---

1) H. RUBENS u. E. F. NICHOLS, Wied. Ann. **60.** p. 418. 1897. In dieser Arbeit wurde die Lage der Reflexionsmaxima bei 8,50 und 9,02 μ bestimmt, und es wurde darauf hingewiesen, dass die Abweichungen der betreffenden NICHOLS'schen Werthe hiervon sich durch geringe Unreinheiten in dem von diesem benutzten Prismenspectrum erklären, wodurch auch das zweite Maximum als das schwächere erschien, während es thatsächlich das stärkere ist. Da von Reflexionsbestimmungen aber allein die NICHOLS'schen vorliegen, so habe ich auch nur diese, mit einem geringen Fehler behafteten Zahlen für die folgenden Rechnungen benutzen können.

2) W. WIEN, WIED. Ann. **58.** p. 662. 1896.

der Technischen Hochschule von Hrn. H. Beckmann angestellt sind und welche demnächst zur Veröffentlichung gelangen, beträgt der Zahlenwerth der Constanten b_2: 24000, wenn als Einheit der Wellenlänge 1 μ gewählt wird. Demzufolge habe ich meiner Berechnung eine absolute Temperatur $\vartheta = 550$ zu Grunde gelegt (= 277° C.), für welche das Energiemaximum auf 8,7 μ fällt. Es ist ein günstiges Zusammentreffen, dass diese Temperatur für eine experimentelle Bestimmung der Strahlung des Quarzes eine sehr geeignete Grösse hat.



Die Constante b_1 in der Wien'schen Formel hat für die vorliegende Rechnung nur die Bedeutung eines willkürlichen Proportionalitätsfactors, dessen Zahlenwerth dadurch bestimmt wurde, dass die Strahlung des schwarzen Körpers φ für $\vartheta =$ 550 und $\lambda = 5\ \mu$ gleich 100 gesetzt wurde.

Ich habe nun von $\lambda = 5\ \mu$ bis $\lambda = 12{,}8\ \mu$ für $\vartheta = 550$ die Function φ und dann die Grösse $E = (1 - R)\varphi$ für Quarz unter Zugrundelegung der Nichols'schen Werthe[1]) von R be-

1) Die Messungen von Nichols reichen nur bis zur Wellenlänge 9 μ. Von hier bis 12,8 μ sind die Reflexionswerthe benutzt worden, die Hr.

rechnet. Die Ergebnisse dieser Rechnung[1]) sind in der Figur graphisch wiedergegeben.

Die Quarzemission zeigt hiernach thatsächlich zwei deutliche Minima an den Stellen der metallischen Absorptionsstreifen bei $\lambda = 8{,}4$ und $\lambda = 8{,}8\ \mu$. Von $5\ \mu$ bis $7{,}5\ \mu$ bleibt die Strahlung entsprechend dem geringen Reflexions- und starkem Absorptionsvermögen nur wenig hinter der des absolut schwarzen Körpers zurück. Jenseits des Gebietes metallischer Absorption muss natürlich ein Emissionsmaximum (bei ungefähr $11\ \mu$) auftreten, da sich hier die Curve des „schwarzen" Körpers bereits auf dem absteigenden Aste befindet.

Eine experimentelle Bestimmung der Quarzemission[2]) ist zur Zeit im hiesigen Institute in Angriff genommen worden.

Charlottenburg, Physik. Inst. d. Techn. Hochsch., Juli 1898.

Trowbridge soeben veröffentlicht hat. (A. Trowbridge, Wied. Ann. **65**. p. 595. 1898).

1) Streng genommen gelten die berechneten Werthe von E nur für solche Strahlen, die die Oberfläche des emittirenden Quarzes unter einem Winkel von 5° verlassen, da sich die beobachteten Werthe von R auf einen Einfallswinkel von der gleichen Grösse beziehen. Indessen wird die Curve auch bei anderen Winkeln im wesentlichen den gleichen Verlauf nehmen. Von sehr geringem Einfluss ist fernerhin der Umstand, dass die der Rechnung zu Grunde gelegten Reflexionen R sich auf Zimmertemperatur und nicht auf eine Temperatur des reflectirenden Körpers von 550 absoluten Graden beziehen, wie es das Kirchhoff'sche Gesetz in unserem Falle postulirt.

2) Die Beobachtungen von Hrn. Z. P. Boumann (Emissie en Absorptie van Kwarts en Glas. — Academisch Proefschrift, Amsterdam 1897) erstrecken sich leider nicht bis in den hier in Betracht kommenden Spectralbereich.

Der electrisch geglühte „absolut schwarze" Körper und seine Temperaturmessung; von O. Lummer und F. Kurlbaum.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 6. Mai 1898.)

(Vgl. oben p. 75.)

Die von einer Substanz ausgesandte Strahlungsmenge hängt ab von der Temperatur und der körperlichen Beschaffenheit der strahlenden Oberfläche. Sind diese beiden Grössen definirt, so ist auch die Strahlungsmenge festgelegt. Die Bestimmung der Temperatur hoch erhitzter strahlender Flächen und die Herstellung wohldefinirter Oberflächen stösst auf manche experimentelle Schwierigkeiten.

Bei der VIOLLE'schen bez. SIEMENS'schen Lichteinheit ist die Temperaturbestimmung durch Anwendung des Erstarrungs- bez. Schmelzpunktes von Platin umgangen; bei der Kohlenbogenlichteinheit wird die Verdampfungstemperatur der Kohle benutzt.

Abweichend hiervon definirten wir die Temperatur eines strahlenden Körpers durch das Verhältniss der Gesammtstrahlung zu einer genau festgesetzten Theilstrahlung. Diese Temperaturmessung ist nicht einfach, steht in keiner Beziehung zur gebräuchlichen Temperaturscala und hängt wesentlich von der Art des strahlenden Körpers ab. Freilich kann jede beliebige Temperatur festgehalten und reproducirt werden. Als strahlende Fläche wurde die eines electrisch geglühten, chemisch reinen Platinblechs benutzt.

Seit der Verwirklichung des von G. KIRCHHOFF definirten „vollkommen schwarzen" Körpers [1]) ist die Schwierigkeit der

1) Die von W. WIEN und mir 1895 angegebene Methode zur Verwirklichung absolut schwarzer strahlender und absorbirender Körper beruht auf der Anwendung des von POISSON und KIRCHHOFF bewiesenen Satzes, dass ein Hohlraum von überall gleicher Tempertur und beliebigem Strahlungsvermögen einen im Innern befindlichen Körper derselben Temperatur bestrahlt, wie wenn die Oberfläche das Emissionsvermögen I hätte oder in der KIRCHHOFF'schen Ausdrucksweise, wie wenn die Ober-

Herstellung einer wohldefinirten strahlenden Oberfläche gehoben. Solange aber zur Verwirklichung des schwarzen Körpers Hohlkugeln relativ grosser Dimension in Bädern von Salpeter bez. im Chamotteofen erhitzt werden mussten [1]) konnte nicht daran gedacht werden, diesen Körper als Strahlungseinheit im Laboratorium zu verwenden. Wir stellten uns daher die Aufgabe, den schwarzen Körper in der Form eines handlichen Laboratoriumsapparates zu verwirklichen. Gleichzeitig sollte aber auch die Temperaturmessung strahlender Körper möglichst einfach und genau gestaltet werden.

Was zunächst die Strahlung der Oberfläche eines Körpers anlangt, so ist die Erhitzung in einem Ofen ausgeschlossen, da der Körper infolge seines Reflexionsvermögens, von den Ofenwänden erborgte Strahlung nach aussen sendet. Beim Erhitzen durch die Flamme ist die Herstellung einer gleichmässigen Temperatur längs der strahlenden Fläche und die genaue Temperaturbestimmung derselben von grosser Schwierigkeit. Auch beim electrischen Glühen z. B. blanken Platins ist die Messung der Temperatur mit Hülfe eines Thermoelementes nicht einwandsfrei.

Um die bei der Temperaturmessung eines electrisch ge-

---

fläche vollkommen schwarz wäre. Auch Hr. Ch. E. St. John ist auf experimentellem Wege bei Vergleichung des Lichtemissionsvermögens verschiedener Körper (Wied. Ann. **56**. p. 433—450. 1895) zur gleichen Schlussfolgerung gelangt. Uebrigens sei erwähnt, dass viel früher C. Christiansen die Strahlung von Hohlräumen praktisch verwirklicht hat. In seiner Arbeit „Ueber die Emission der Wärme von unebenen Oberflächen“ (Wied. Ann. **21**. p. 364—369. 1884) vergleicht er die Strahlung einer Fläche des Lesliewürfels, in die er 121 conische Löcher von 0,4 cm Durchmesser und 0,4 cm Tiefe gebohrt hat mit der Strahlung ebener versilberter Flächen, und findet, dass das Emissionsvermögen der Löcher 1,04 ist, dass sie also „als kleine vollkommen schwarze Flecken wirken“. Kurz darauf streut L. Boltzmann in seine Abhandlung „Ueber eine von Hrn. Bartoli entdeckte Beziehung der Wärmestrahlung zum zweiten Hauptsatze“ (Wied. Ann. **22**. p. 31—39. 1884) gelegentlich ein, dass er die Untersuchung der Wärmestrahlen begonnen habe und sich als schwarzen Körper eines rings mit gleichtemperirten Wänden umgebenen Raumes mit enger Oeffnung bedient, „ein Princip benutzend, welches unlängst Christiansen zur Erklärung der stärkeren Strahlung geritzter Flächen anwandte“. Lummer.

1) Vgl. Lummer u. Pringsheim, Wied. Ann. Jubelband 1897.



glühten Platinbleches auftretenden Uebelstände zu beseitigen, wurde dem strahlenden Blech die Form eines vollkommen geschlossenen Hohlraumes gegeben, in dessen Inneres das Thermoelement isolirt eingeführt ist. Um den durch die Wärmeleitung verursachten Fehler unschädlich zu machen, ist das Thermoelement im Platinhohlraum zu einer Spirale aufgewickelt; ausserdem sind die zur Isolirung des Elementes dienenden Porzellanröhrchen auf einer längeren Strecke im glühenden Platin entlang geführt.

Ein solcher um ein Holzmodell geformter und nach Einführung des Thermoelementes zugeschweisster Platinkasten glüht bei einer Blechdicke von nur 10 μ sehr gleichmässig und ruhig. Die am Pyrometer abzulesende Temperatur bleibt oft stundenlang bis auf einige Grade constant.

Die Temperaturdifferenz zwischen der inneren und der äusseren Platinoberfläche ist von der Blechdicke und der Temperatur abhängig; sie beträgt nach ungefährer Berechnung bei 10 μ dickem Blech und einer Temperatur von etwa 1400° C. weniger als 2,5° C.

Mit Hülfe eines solchen geschlossenen Platinkastens ist die Abhängigkeit der Gesammtstrahlung blanken Platins von der Temperatur gemessen worden. Die Resultate sind aus der am Schlusse gegebenen Tabelle zu ersehen. Auch ist mittels dieser Methode die durch das Verhältniss zweier Strahlungsmengen definirte Temperaturscala auf die gewöhnliche zurückgeführt worden.

Um Metalloxyde und andere Substanzen, wie Thoriumoxyd etc., der Messung zu unterwerfen, überzieht man den Platinkasten mit dem betreffenden Stoff, wenn möglich so, dass die Helligkeitsdifferenzen verschwinden. Bisher ist nur Eisenoxyd untersucht worden.

Die im Innern des vollkommen geschlossenen, überall gleichtemperirten Platinkastens vorhandene Strahlungsdichtigkeit ist die des „schwarzen" Körpers. Um die Strahlung nach aussen gelangen zu lassen, müsste man im Kasten eine Oeffnung anbringen, wodurch die Vorzüge des geschlossenen Hohlraumes mit seiner überall gleichen Querschnittsbelastung und seiner genauen Temperaturbestimmung wieder verloren gehen würde. Will man das electrische Glühen beibehalten, so muss man

dem durch eine Oeffnung nach aussen strahlenden Hohlraum die Form eines Cylinders geben, denn nur ein aus Platinblech gebildeter Cylindermantel wird bei axialer Richtung des Stromes in jedem dazu senkrechten Querschnitt gleich belastet.

Der zu Strahlungsversuchen benutzte Platincylinder ist am einen Ende durch zwei Klemmbacken flach zusammengedrückt und umgiebt das hier isolirt eingeführte Thermoelement; am anderen Ende ist das Platinrohr bis auf eine kleine Oeffnung zusammengefaltet. Das die Strahlungsöffnung bildende Mundstück besteht aus so dickem Platinblech, dass der hier eintretende electrische Strom den Mantel in jedem Querschnittselement gleichmässig durchfliesst und ebenso aus den Klemmbacken austritt.

Die aus dem Innern des Platinhohlraumes kommende Strahlung wird derjenigen des schwarzen Körpers um so näher kommen, je schwärzer die innere Oberfläche an sich schon ist und je geringere Helligkeitsdifferenzen im Innern herrschen. Ueberzieht man die innere Wand des Platincylinders mit Eisenoxyd, so werden die vorher vorhandenen Helligkeitsunterschiede schon bedeutend geringer. Noch vollkommener wird eine überall gleichmässige Helligkeit erreicht, sodass das Thermoelement auf seinem Hintergrund vollständig verschwindet, wenn man in den cylindrischen Theil des Platinhohlraumes ein Porzellanrohr schiebt.

Da die Stromzuführung an den Enden und die Strahlungsöffnung am Mundstück Wärmeableitung und somit Temperaturerniedrigung bedingen, so ist vortheilhaft nur das mittlere Stück des Cylinders als Strahlungsquelle zu benutzen und eine Reihe von Diaphragmen einzuführen. Die eine Reihe der Blenden dient zum Austritt der Strahlung, während die andere Reihe durch feine Löcher das Thermoelement isolirt einführen lässt. Zwischen die Diaphragmen sind noch kurze eng am Porzellanrohr anliegende Rohrstücke gesetzt, welche den Diaphragmen Halt geben und die einzelnen Kammern vollkommener gegeneinander abschliessen und hierdurch eine gleichmässigere Temperaturvertheilung bewirken. Zur Stromersparniss und besseren Gleichmässigkeit des Glühens wird der electrisch geglühte Platincylinder mit einem durch Luft isolirten Asbestcylinder umgeben, der an beiden Seiten durch

Porzellanringe vom Platin getrennt ist, die ihrerseits eine zu starke Luftströmung verhindern.

Die Strahlung eines so construirten Hohlraumes ist bei verschiedenen Temperaturen gemessen. Nach dem STEFAN-schen Strahlungsgesetz muss der Quotient

$$\frac{S}{T_2^4 - T_1^4}$$

constant sein, wenn S die Strahlungsmenge, T_1 die Temperatur des Bolometers, T_2 die Temperatur des strahlenden Körpers bedeutet. Als relatives Maass für die Grösse der Strahlung wurde der Ausschlag des Bolometers benutzt, welches mit Platinschwarz überzogen war.

Absolute Temperatur		$\frac{S}{T_2^4 - T_1^4}$ in willkürlicher Einheit		
T_2	T_1	Schwarzer Körper	Blankes Platin	Eisenoxyd
372,8	290,5	108,9	—	—
492	290	109,0	4,28	—
654	290	108,4	6,56	33,1
795	290	109,9	8,14	36,6
1108	290	109,0	12,18	46,9
1481	290	110,7	16,69	65,3
1761	290	—	19,64	—

Die Temperatur 372,8° ist durch ein nach Art des schwarzen Körpers construirtes Siedegefäss hergestellt, die Temperatur 492° ist mit einem FUESS'schen Quecksilberthermometer gemessen, während die beiden tiefsten Temperaturen des blanken Platins mit einem Eisen-Constantan-Element gemessen sind. Alle übrigen Temperaturen sind mit dem von HOLBORN und WIEN an das Luftthermometer angeschlossenen LE CHATELIER'schen Platin-Platinrhodium-Element bestimmt. Die Zahlen für die Strahlung des Hohlraumes sind nahezu constant, doch sei hervorgehoben, dass in den Zahlen noch Fehler von einigen Procenten stecken, vor allem die mangelhafte Absorption der langen Wellen durch Platinmoor, womit die Bolometer überzogen waren.



Auch ist noch nicht völlig aufgeklärt, wie weit die Absorption der langen Wellen durch die Feuchtigkeit der Luft eine Rolle spielen kann, ferner geht jeder Fehler in der Temperaturbestimmung ungefähr mit seinem vierfachen Betrage in das Resultat ein, da T_1 gegen T_2 relativ klein ist. Die Strahlung des blanken Platins beträgt für die niedrigen Temperaturen ungefähr ein Fünfundzwanzigstel, für die höheren ein Sechstel von der Strahlung des schwarzen Körpers, innerhalb des Temperaturintervalls 700 bis 1700 Grad schreitet die Strahlung der fünften Potenz der Temperatur angenähert proportional fort.

Die Strahlung des Eisenoxyds ist zwar vier bis fünf Mal so gross als die des blanken Platins, aber sie ist weit entfernt, der des schwarzen Körpers gleichzukommen. Daraus ist ersichtlich, wie wenig geeignet Eisenoxyd zur Ableitung der Strahlungsgesetze des schwarzen Körpers ist.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 17. Nr. 10.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 21. October 1898.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. **F. S. Archenhold** sprach zuerst

a) über das grosse Nordlicht vom 9. September 1898,

legte dann

b) einige Mondphotographien

vor, die mit dem grossen Fernrohre (68 cm Objectiv, 21 m Brennweite) der Treptower Sternwarte angefertigt worden sind, und demonstrirte endlich

c) das IVES'sche Verfahren der Photographie in natürlichen Farben.

Hr. E. WARBURG legte darauf eine Abhandlung des Hrn. **G. Meyer** (in Freiburg i. B.)

über Tropfelectroden

vor.

Ueber Tropfelectroden; von G. Meyer.

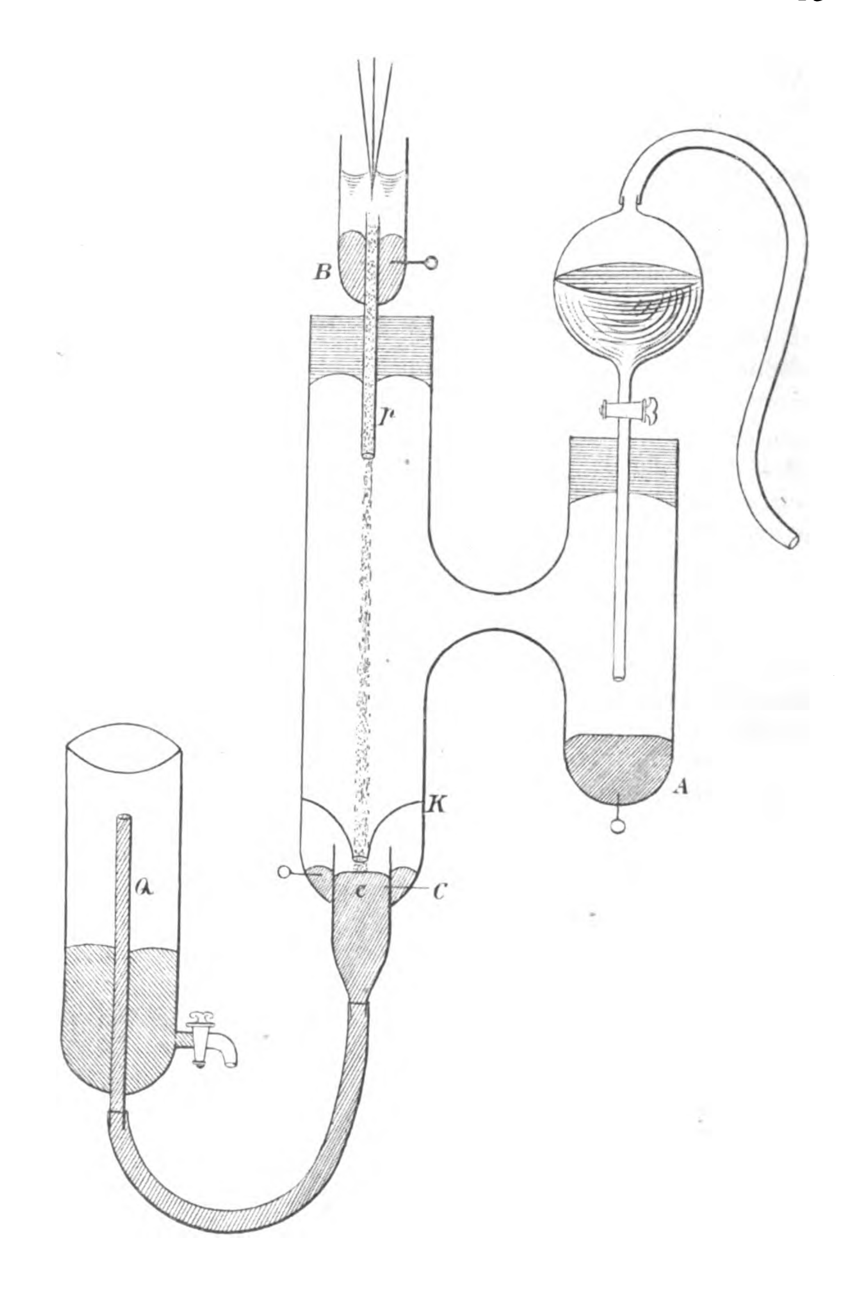
(Vorgelegt in der Sitzung vom 21. October 1898.)

(Vgl. oben p. 113.)

Eine neue Construction von Tropfelectroden hat Hr. PALMAER[1]) beschrieben und Versuche mit denselben veröffentlicht. Die Electrode ist in der Figur (vgl. p. 115) dargestellt.

Der Hg-Strahl, welcher aus einem in eine feine Spitze endigenden Trichter ausströmt, zerfällt am Eingange des Rohres *p* in feine Tröpfchen, welche durch den Trichter bei *K* wieder gesammelt werden und durch das Gefäss *Q* abfliessen, während das Niveau bei *c* constant bleibt. Der Apparat ist gefüllt mit KNO_3-Lösung 0,01 — *n* —, welche in Bezug auf HgCl $^1/_{10}$ gesättigt war. Beobachtet man während des Tropfens die Potentialdifferenz zwischen dem Hg bei *A* und dem bei *B*, so lässt diese electromotorische Kraft erkennen, dass die Salzlösung durch den Strahl an Quecksilbersalz ärmer gemacht wird. Das durch den Trichter bei *K* abgeflossene Hg wird bei *c* gesammelt und berührt den Electrolyten, welcher sich in dem Kämmerchen an der Unterseite des Trichters über dem Hg bei *C* befindet. Die Messung der Potentialdifferenz zwischen *C* und *A* zeigt, dass der Gehalt des Electrolyten an Hg-Salz bei *C* zugenommen hat. Hr. PALMAER erklärt die Erscheinung vermittelst der Theorie, welche Hr. NERNST[2]) von den Tropfelectroden gegeben hat. Nach dieser Anschauung treten in einem Tropfen Hg, welcher mit einer HgCl-Lösung in Berührung kommt, mit positiver Ladung versehene Hg-Ionen ein, während die entsprechenden geladenen Cl-Ionen sich an der Trennungsfläche anlagern. Auf diese Weise wird die Potentialdifferenz zwischen Quecksilber und Electrolyt gebildet. Fällt

1) W. PALMAER, Zeitschr. f. phys. Chem. **25.** p. 265. 1898.
2) NERNST, Wied. Ann. **58.** Beilage 1896.


B
P
K
A
a
c
C

der Tropfen ab, so wandern die Cl-Ionen mit dem Tropfen in die Tiefe. Durch das Fallen von Tropfen wird daher eine Lösung von Hg-Salz in der Nähe der tropfenden Spitze an Hg-Salz ärmer gemacht. Vereinigen sich die Tropfen mit einer ruhenden Hg-Masse, welche die normale Potentialdifferenz gegen den Electrolyten besitzt, so gehen wiederum Hg-Ionen in Lösung, welche sich mit den mitgerissenen Cl-Ionen zu HgCl vereinigen und den Electrolyten in der Nähe der betropften Fläche an Hg-Salz anreichern. Ich habe die Versuche mit dem von Hrn. PALMAER beschriebenen Erfolge wiederholt, möchte aber darauf aufmerksam machen, dass die Erklärungsweise der Erscheinungen, welche sich auf die Theorie des Hrn. NERNST von der Entstehung einer electromotorischen Kraft stützt, nicht die einzig mögliche ist, und dass die Erscheinungen sich zu anderen sicher beobachteten Thatsachen in Beziehung setzen lassen. Zu dem Zweck gehen wir von der Theorie der capillar-electrischen Phänomene aus, welche Hr. E. WARBURG[1]) gegeben hat. Es ist dort gezeigt, dass Hg aus einem Electrolyten, welcher Hg-Salz gelöst enthält, Hg-Salz auf seiner Oberfläche verdichtet, und diese Erscheinung in einen ursächlichen Zusammenhang gebracht mit der Thatsache, dass Zusatz von Hg-Salz die Oberflächenspannung des Hg gegen den Electrolyten vermindert. Die dort angestellten Betrachtungen lassen sich ausdehnen auf jedes flüssige Metall M unter der Lösung eines beliebigen Salzes, welche ausserdem ein Salz gelöst enthält (Metallsalz), dessen Basis das Metall M ist und dessen Säure mit derjenigen der verwendeten Salzlösung übereinstimmt. Es gilt dann die Beziehung: Diejenigen Metalle, deren Capillarconstante gegen eine Salzlösung durch Zusatz von Metallsalz vermindert wird, verdichten das Metallsalz auf ihrer Oberfläche, während die Verdichtung ausbleibt, wenn der Zusatz von Metallsalz die Capillarconstante nicht beeinflusst. Diese Metalle sollen als condensirende und nicht condensirende voneinander geschieden werden. Für eine Reihe von Amalgamen ist von mir[2]) der Einfluss des Zusatzes von Metallsalz auf die Oberflächenspannung gegen Salzlösungen untersucht

1) E. WARBURG, Wied. Ann. **41.** p. 1. 1890.
2) G. MEYER, Wied. Ann. **53.** p. 849. 1894.

durch Messung der Länge der Wellen, welche sich auf einem Amalgamstrahle von elliptischem Querschnitt in der Salzlösung vor und nach Zusatz des Metallsalzes bilden. Die Untersuchung zeigte, dass die Oberflächenspannung von HgZn gegen Sulfate und Chloride, von HgCd gegen Acetate, Chloride, Sulfate von Hg gegen KCN-Lösung durch Zusatz von Metallsalz nicht beeinflusst wird, während die Zufügung des Metallsalzes die Capillarconstante von Hg gegen Sulfate und Chloride, von HgCd gegen KJ-Lösung, von HgCu gegen Sulfate, Chloride, Nitrate, Acetate herabsetzt. Es sind demnach Hg und HgCu in Sulfaten, Chloriden, Nitraten, HgCd in KJ-Lösung condensirende, HgZn und HgCd in Sulfaten und Chloriden nicht condensirende Metalle.

Die von Hrn. Palmaer beobachtete Erscheinung, dass ein Hg-Strahl eine Lösung von HgCl in seiner Umgebung an Hg-Salz arm macht, kann nun auch so erklärt werden, dass jeder in die Lösung eintretende frische Tropfen Hg-Salz auf seiner Oberfläche verdichtet und mit sich in die Tiefe führt. Sammeln sich die Tropfen zu einer zusammenhängenden Masse, so wird das gesammte condensirte Salz an der Oberfläche auftreten und dort in grösserer Concentration vorhanden sein als auf der Oberfläche einer Masse, welche nie in Tropfen zerfallen war. Diese Erklärungsweise lässt erwarten, dass die von Hrn. Palmaer durch Hg-Strahlen in Lösungen von Hg-Salz hervorgebrachte Concentrationsänderung bewirkt werden kann durch alle condensirenden Metalle in Lösungen ihrer Salze, während die Erscheinung den Strahlen nicht condensirender Metalle fehlen muss. Mit einem nach den Angaben des Hrn. Palmaer construirten Apparat (vgl. Figur) sind die in der folgenden Tabelle mitgetheilten Versuche mit Strahlen von Hg, HgZn, HgCd, HgCu angestellt, wobei die electromotorischen Kräfte mittels eines Capillarelectrometers Lippmann'scher Construction gemessen wurden, welches mit sehr verdünnter Schwefelsäure gefüllt war. Die mit A/B bez. A/C überschriebenen Columnen enthalten die Potentialdifferenzen in Volt zwischen den bei A, B und C befindlichen Metallmassen, und zwar bedeutet das positive Vorzeichen, dass A sich verhält wie der Cu-Pol des Daniell'schen Elementes.

Tabelle.

Metall	Lösung	A/B Volt	Zeitdauer des Versuches	A/C Volt	Zeitdauer des Versuches
Hg	KNO_3 0,01 – *n* –; 1/10 gesättigt in Bezug auf HgCl	+0,216	2 m	−0,032	8 m
Hg	KNO_3 0,01 – *n* –; gesättigt mit HgCl	+0,210	4	−0,017	9
HgCd 0,39 %	100 ccm KJ-Lösung 0,01 – *n* – + 1 ccm CdJ_2-Lösung, welche in 100 ccm 0,1 g CdJ_2 enthält	+0,108	—	−0,008	7
HgCd 0,37	100 ccm KJ-Lösung 0,01 – *n* – + 1 ccm CdJ_2-Lösung (0,1 g in 100 ccm H_2O)	+0,119	5	—	—
HgCd 0,37	50 ccm KJ-Lösung 0,01 – *n* – + 50 ccm CdJ_2-Lösung (0,1 g in 100 ccm H_2O)	+0,034	6	—	—
HgCd 0,37	100 ccm $MgSO_4$ 0,01 – *n* – + 1 ccm $CdSO_4$-Lösung (0,1 g in 100 ccm)	−0,05	2	—	—
HgZn 0,29	100 ccm $MgSO_4$-Lösung 0,01 – *n* – + 1 ccm $ZnSO_4$-Lösung (0,1 g $ZnSO_4$ in 100 ccm H_2SO_4)	−0,178	2	−0,006	2
HgZn 0,29	100 ccm $MgSO_4$-Lösung 0,01 – *n* – enthaltend 2 g $ZnSO_4$	−0,028	4	0,000	—
HgCu 0,045	100 ccm $MgSO_4$-Lösung 0,01 – *n* – + 1 ccm $CuSO_4$-Lösung (0,1 g $CuSO_4$ in 100 ccm H_2O)	+0,186	1	−0,05	6
HgCu 0,045	100 ccm $MgSO_4$-Lösung 0,01 – *n* – enthaltend 2 g $CuSO_4$	+0,016	3	0,000	—

Die Tabelle lehrt, dass Lösungen von KNO_3, welche HgCl von KJ, welche CdJ_2, von $MgSO_4$, welche $CuSO_4$ enthalten, an HgCl bez. CdJ_2, bez. $CuSO_4$ ärmer gemacht werden, wenn Strahlen von Hg bez. HgCd, bez. HgCu dieselben durchfliessen, dass eine Vermehrung des Gehaltes der durchströmten Lösung an Metallsalz veranlasst wird durch Strahlen von HgCd und HgZn in Lösungen von $MgSO_4$, welche $CdSO_4$ bez. $ZnSO_4$ enthalten. In jedem Falle nehmen die beobachteten Spannungen ab, wenn der Gehalt an Metallsalz vermehrt wird, wie dies die Theorie der Concentrationsströme fordert. Ueber den Metalloberflächen, welche aus den gesammelten Tropfen bestehen, erfährt die Lösung eine Anreicherung an Metallsalz, welche gross ist, wenn der Strahl die Fähigkeit hatte, das Metallsalz auf seiner Oberfläche zu verdichten, welche dagegen gering ist, wenn der Strahl aus einem nicht condensirenden Metalle besteht. Der erwartete Parallelismus zwischen der condensirenden Wirkung der Amalgame in Lösungen von Metallsalz und der durch Strahlen der nämlichen Metalle hervorgerufenen Concentrationsverminderung der Metallsalzlösungen ist demnach vorhanden und tritt am schärfsten hervor in dem verschiedenen Verhalten der Strahlen von HgCd in Lösungen von KJ und $MgSO_4$, denen CdJ_2 bez. $CdSO_4$ zugesetzt ist.

Nach den entwickelten Anschauungen sind die Vorgänge, welche ein Metallstrahl in einer Lösung eines Salzes desselben Metalles hervorruft, die folgenden: Besitzt das Metall die Eigenschaft, das Metallsalz auf seiner Oberfläche zu verdichten, so wird die Concentration der Lösung in der Nähe des Strahles vermindert. Das condensirte Salz sammelt sich über der Metallfläche, welche von dem Strahl betropft wird, und dort wird die Concentration des Metallsalzes vermehrt; eine merkliche Lösung des Metalles findet nicht statt. Besteht der Strahl aus einem nicht condensirenden Metalle, so geht aus dem in feine Tropfen zerfallenen Strahl Metall in Lösung, und in der Nähe des Strahles wird die Concentration des Metallsalzes erhöht. Auf die betropfte Fläche fällt das durch den Trichter bei *K* gesammelte Amalgam in grossen Tropfen nieder, aus denen die in dem Kämmerchen bei *C* befindliche Lösung etwas Metall extrahirt und eine geringe Erhöhung ihres Gehaltes an Metallsalz erfährt. Durch die Condensation von Metallsalz auf



den Oberflächen der Strahlen von condensirenden Metallen und die Extraction des Metalles aus den Strahlen nicht condensirender Amalgame sind demnach die von Hrn. PALMAER an seinen Tropfelectroden beobachteten Thatsachen widerspruchsfrei zu erklären, und diese Erscheinungen können nicht als eine zwingende Bestätigung der von Hrn. NERNST gegebenen Theorie der Tropfelectroden angesehen werden.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 17. Nr. 11.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung Johann Ambrosius Barth in Leipzig.

Sitzung vom 4. November 1898.

Vorsitzender: Hr. E. Warburg.

Der Vorsitzende eröffnete die Sitzung mit folgender Ansprache:

Am 8. August dieses Jahres hat die Gesellschaft ihr Mitglied

Paul Glan

durch den Tod verloren.

Derselbe wurde zu Berlin im Jahre 1846 geboren und verbrachte seine ganze Studienzeit an der hiesigen Universität. Er ist einer der Physiker, welche aus dem Magnus'schen Laboratorium hervorgegangen sind; dort entstand seine Arbeit über die absoluten Phasenveränderungen durch Reflexion, eine Arbeit, auf welche er am 29. Januar 1870 zu Berlin promovirte und welche nebst anderen verdienstvollen Untersuchungen auf demselben Gebiete wohlbekannt ist. Wohlbekannt ist auch das Photometer, welches seinen Namen trägt und einen entschiedenen Fortschritt in der Construction photometrischer Apparate bezeichnet. In seinen letzten Lebensjahren beschäftigte er sich mit Quaternionentheorie, welche er auf physikalische Fragen anzuwenden suchte.

Er gehörte zu denjenigen Gelehrten, welche durch Mangel an äusseren Erfolgen in der Liebe zur Wissenschaft sich nicht beirren liessen; auch aus diesem Grunde wird die Gesellschaft ihm ein ehrenvolles Andenken bewahren.

Ich bitte Sie, sich zu Ehren des Verstorbenen von Ihren Sitzen zu erheben.

Hr. **H. Boas** demonstrirte dann

neuere Inductoren und Unterbrecher.

Hr. E. Warburg berichtete darauf ausführlich über den Inhalt der in der vorigen Sitzung (vgl. oben p. 113 u. 114) schon vorgelegten Abhandlung des Hrn. **G. Meyer** in Freiburg i. B.

über Tropfelectroden,

und machte dann Mittheilung über die von Hrn. **F. Mehlhorn** angestellten Versuche, betreffend

die von feuchten Glasoberflächen fixirten permanenten Gase.

Hr. W. Jäger legte eine Abhandlung des Hrn. **Th. Des Coudres** in Göttingen vor:

Theoretische Grundlage für einen harmonischen Wechselstromanalysator.

Ueber die von feuchten Glasoberflächen fixirten permanenten Gase; von F. Mehlhorn.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 4. November 1898.)

(Vgl. oben p. 122.)

§ 1. Es ist bekannt, dass auf Glasoberflächen in feuchter Gasatmosphäre gashaltige Wasserbeschläge sich bilden, welche bei gewöhnlicher Temperatur auch im Vacuum grösstentheils haften bleiben und erst bei hoher Temperatur vollständig sich ablösen. Diese Beschläge beeinträchtigen mit der Zeit das TORRICELLI'sche Vacuum der Barometer und verunreinigen den Gasinhalt GEISSLER'scher Röhren.

Ein näheres Studium dieser Beschläge ist daher, obgleich man sie durch Temperaturerhöhung beseitigen kann, von praktischem Interesse. Unsere bisherigen Kenntnisse von ihnen gründen sich vorzugsweise auf die Untersuchungen BUNSEN's[1]), welcher

1. fand, dass das Wasser erst bei ungefähr 500° vollständig sich ablöste,

2. dass eine langsame Absorption von CO_2 an trockenen Glasoberflächen nicht stattfand,

3. quantitative Bestimmungen über die langsame Absorption der CO_2 an feuchten Glasoberflächen ausführte.

Es blieb zu untersuchen, wie andere Gase, besonders die atmosphärische Luft sich in dieser Beziehung verhalten. Diesbezügliche Versuche, welche Hr. MEHLHORN in dem hiesigen Institut anstellte, konnten wegen seines Fortganges nicht soweit, als beabsichtigt war, geführt werden. Doch scheinen die bis jetzt erhaltenen Resultate der Mittheilung werth.

§ 2. Die Figur (vgl. p. 124) zeigt den von Hrn. MEHLHORN benutzten Apparat. Aus Thüringer Glas wurden dünne Kugeln geblasen, ausgemessen, zerkleinert und in das Glasgefäss *G* gebracht. Die ganze Glasoberfläche betrug ungefähr 0,36 qm. Von *G* führt ein Biegrohr zu einem Rohre *A*, in welches ausserdem ein Manometer *M*, ein MACLEOD'sches Manometer *L* und

1) R. W. BUNSEN, Wied. Ann. 24. p. 321. 1885.

3 Glasgefässe, *B* mit ausgekochtem Wasser, *C* mit Phosphorpentoxyd, *D* mit festem Aetzkali einmünden. Ferner sind, wie aus der Figur ersichtlich, Glashähne 1—6 angebracht,

B ist bis zum Hahn 2 mit dem Wasser gefüllt. Es betrugen die Volumina von

L von der Marke *m* ab	*A* mit Manometer	*C*	*D*	*G* bis zum Hahn 1
305	30	80	71	71 ccm

Bei *e* ist eine Quecksilberluftpumpe angeschlossen.

§ 3. Der Gang der Versuche war folgender:

1. Man öffnet zuerst alle Hähne bis auf 2 (Verbindung I) und evacuirt das Ganze möglichst gut. Demnächst bringt man durch Heben von Q das Quecksilber im MacLeod'schen Manometer an die Marke m und unterbricht dadurch die Verbindung mit der Quecksilberpumpe. Darauf schliesst man 5 und setzt das Versuchsgefäss G 18 St. lang einer Temperatur von ungefähr 430° aus. Das vom Glase abgegebene, durch die Trockenkugel C getrocknete Gas erfüllt das Volumen $V = 486$ ccm, welches sich aus G, A, C, L zusammensetzt. Man bestimmt nach erfolgter Abkühlung den Druck p_1 dieses Gases am MacLeod'schen Manometer. Dann ist das auf 760 mm reducirte Gasvolumen

$$v = V \cdot \frac{p_1}{760} \text{ ccm.} \tag{1}$$

Endlich öffnet man das Kaligefäss D und misst wiederum den Druck p_2 des Gases, nachdem die CO_2 absorbirt ist. Das von KOH nicht absorbirte Gasvolumen v' ist auf 760 mm reducirt

$$v' = (V + D) \cdot \frac{p_2}{760}. \tag{2}$$

Der Gehalt des vom Glase abgegebenen Gases an CO_2 beträgt in Volumprocenten P

$$P = 100 \cdot \frac{v - v'}{v}. \tag{3}$$

Damit ist das in dem ursprünglich auf dem Glase vorhandenen Wasserbeschlag enthaltene Gas bestimmt.

2. Man evacuirt nach Herstellung der Verbindung I aufs neue, trennt die Pumpe ab, schliesst 4, 5, 6 und öffnet 2 und 3 eine kurze Zeit lang, in welcher A und G sich mit Wasserdampf füllen. Dabei verhütet das Zwischenstück zwischen den Hähnen 2 und 3 das Ueberspritzen von Wasser in A. Die Menge des Wasserdampfes beträgt

$$(A + G) \cdot \frac{e}{760} \cdot 0{,}001293 \,.\, 0{,}622 \cdot \frac{1}{1 + 0{,}004 \,.\, t} \text{ g}, \tag{4}$$

wo e den Maximaldruck des Wasserdampfes für die Zimmertemperatur t des Wassers in B ist.

Indem 2 und 3 wieder geschlossen sind, wird durch einen zwischen der Luftpumpe und dem MAC LEOD'schen Manometer angebrachten Hahn das dem Versuch zu unterwerfende Gas eingelassen, und wenn sein Druck im Manometer eine schickliche Grösse erreicht hat, 6 geöffnet, wobei das Gas den Wasserdampf nach *G* hinübertreibt. Man lässt das Gas von Atmosphärendruck 17—18 St. lang mit dem Glase in Berührung und stellt alsdann die unter § 1 beschriebenen Versuche und Messungen wiederum an.

Resultate.

§ 4. Hierunter sind die in den verschiedenen Fällen erhaltenen Werthe v, v', P verzeichnet.

Bei Nr. II passirte die atmosphärische Luft zur Befreiung von CO_2 zwei Vorlagen mit Kalilauge und ein 40 cm langes, mit festem Aetzkali gefülltes Rohr; alsdann wurde sie durch zwei Vorlagen mit Schwefelsäure und eine mit Phosphorpentoxyd getrocknet.

Wasserstoff wurde aus sogenanntem chemisch reinem Zink und 10proc. Schwefelsäure bereitet, durch Kaliumpermanganat, Kalilauge und concentrirte Schwefelsäure gereinigt.

Kohlensäure wurde aus weissem Marmor und Salzsäure dargestellt, durch Wasser und Schwefelsäure gereinigt.

Tabelle.

		v	v'	P
I. Ursprünglicher Wasserbeschlag.		0,706	0,118	83
II. Wasserbeschlag in CO_2-freier Luft	1.	0,0303	0,0059	81
	2.	0,0189	0,0055	71
	3.	0,0138	0,0027	81
	4.	0,0119	0,0033	73
	5.	0,0107	0,0040	62
	6.	0,0104	0,0032	69
III. Wasserbeschlag in Wasserstoff	1.	0,00921	0,00386	59
	2.	0,00485	0,00191	60
	3.	0.00488	0,00203	60
	4.	0,00411	0,00108	56
	5.	0,00310	0,0010	68
	6.	0,00401	0,0014	67
	7.	0,00386	0,0010	54

Tabelle (Fortsetzung).

IV. Wasserbeschlag in atm. Luft, nicht von CO_2 befreit	1.	0,0255	0,0024	91
	2.	0,0276	0,0022	92
V. Wasserbeschlag in CO_2	1.	0,359	Das frei gewordene Gas wurde vollständig von KOH absorbirt.	
	2.	0,363		
	3.	0,325		

§ 5. Der Versuch Nr. V lässt sich mit einem von Bunsen vergleichen. Bunsen belud Glaswolle von 4,67 qm Oberfläche mit 0,0226 g Wasser, entsprechend einer Wasserschicht von $4,84 \,.\, 10^{-6}$ mm Dicke bei gleichförmiger Verbreitung über die Oberfläche. In 22 St. wurden 23,8 ccm CO_2 fixirt, also 5,1 ccm auf 1 qm Oberfläche.

Beim Versuch Nr. V wurden 0,36 qm mit 0,00175 g Wasser beladen (wie sich aus § 3, Gleichung (4) mit $t = 18,5^0$ $e = 15,8$ mm ergiebt), entsprechend einer Wasserschicht von $4,33 \,.\, 10^{-6}$ mm Dicke, ähnlich wie beim Versuch von Bunsen. In 18 St. wurden 0,359 ccm CO_2 fixirt, also 0,993 ccm auf 1 qm, nur der fünfte Theil des Bunsen'schen Werthes. Dieser Unterschied kann von folgenden Umständen herrühren:

1. Vielleicht wurde nicht aller Wasserdampf nach G hinüber getrieben und vom Glase absorbirt.

2. Bunsen maass die durch Absorption verschwindende, Hr. Mehlhorn die durch Erhitzen frei werdende Gasmenge (vgl. § 6).

3. Verschiedenheit der von Bunsen und Hrn. Mehlhorn benutzten Glassorten.

§ 6. Bei den Versuchsreihen II und III fällt auf, dass das beim Erhitzen des Glases frei werdende Gas 60—80 Volumprocente CO_2 enthielt. Setzt man voraus, dass das eingebrachte Gas keine CO_2 enthielt, so ergiebt sich, dass die vom Glase fixirte CO_2 vollständig erst durch äusserst lang andauerndes Erhitzen ausgetrieben wird.

§ 7. Die Versuche Nr. I und IV lehren, dass das von dem Wasserbeschlag aus der atmosphärischen Luft aufgenommene Gas 80—90 Volumprocente CO_2 enthält. Damit stimmt überein, dass die Verunreinigungen des Gasinhalts Geissler'scher Röhren gewöhnlich im Spectroskop die Felder des CO zeigen; in der That bildet sich CO bei der Glimmentladung

in CO_2. Natürlich ist nicht ausgeschlossen, dass die erwähnte Erscheinung auch durch die Schmiermittel der Hähne und durch Freiwerden der in den Electroden occludirten Gase verursacht wird.

§ 7. Unter der freilich unbewiesenen Annahme, dass bei den Versuchen Nr. II und III die nach Absorption der CO_2 übrig bleibenden Gasreste bez. atmosphärische Luft und Wasserstoff waren, und indem aus den v'-Werthen die Mittel genommen wurden (obgleich diese Werthe bei den Versuchswiederholungen mehr und mehr abnahmen), sind im Folgenden die von 0,0018 g Wasserbeschlag absorbirten Gasmengen v' zusammengestellt mit den aus den Absorptionscoefficienten des Wassers berechneten auf 0^0 und 760 mm bezüglichen v_1'. Dabei wurde angenommen für 18^0 der Absorptionscoefficient

für	CO_2	0,9318	(Bunsen)
für	Luft	0,01732	„
für	Wasserstoff	0,0184	(Winkler)

	$v' . 10^4$	$v_1' . 10^4$	$\frac{v'}{v_1'}$
CO_2	3491	16,8	208
Luft	41	0,31	132
H_2	19	0,35	54

v' wäre also nach diesen Ergebnissen viel grösser als v_1', ein Schluss, der a fortiori bestehen bleibt, wenn die vom Glase aufgenommene Wassermenge unterschätzt würde. Für CO_2 spielt hierbei wohl der Alkaligehalt des Glases eine Rolle, nicht so für Luft und Wasserstoff.

Theoretische Grundlage für einen harmonischen Wechselstromanalysator; von Th. Des Coudres.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 4. November 1898.)

(Vgl. oben p. 122.)

Bei jeder strengeren Behandlung von Wechselstromproblemen muss man die Gestalt der zu Grunde gelegten empirischen Strom- oder Spannungscurven

$$F\left(\frac{2\pi}{T}t\right) = F(\omega t)$$

in analytischer Form kennen — t bezeichnet die laufende Zeitcoordinate, T die constante Dauer einer ganzen Strom- bez. Spannungsperiode —. Das heisst, man muss die Coefficienten A und B der Fourier'schen Entwickelung kennen:

$$(1)\quad \begin{cases} F(\omega t) = F(x) = B_0 + A_1 \sin x + B_1 \cos x + A_2 \sin 2x \\ \qquad + B_2 \cos 2x \ldots \end{cases}$$

bez. die Amplituden $C_0\, C_1\, C_2 \ldots$ und die Phasen $\varphi_1\, \varphi_2\, \varphi_3 \ldots$ der Partialschwingungen:

$$(2)\quad \begin{cases} F(x) = C_0 + C_1 \sin(x + \varphi_1) + C_2 \sin(2x + \varphi_2) \\ \qquad + C_3 \sin(3x + \varphi_3) + \ldots \end{cases}$$

$$(3)\quad C_1 = \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \qquad \operatorname{tang} \varphi_n = \frac{B_n}{A_n}.$$

Bisher bestimmte man zunächst mit einer Contactmachervorrichtung oder auf eine photographische Methode genügend dicht stehende Ordinatenwerthe der Curve $y = F(x)$ und nahm dann die Zerlegung in die harmonischen Componenten entweder mittels besonderer, den Integraphen und Planimetern verwandten Apparaten oder auf rechnerischem Wege vor. Dies indirecte Verfahren ist recht mühevoll und die erreichbare Genauigkeit überdies ziemlich beschränkt. Es wäre erwünscht, die A und B direct, d. h. ohne vorherige Aufzeichnung der Curve $y = F(x)$ experimentell zu ermitteln. Zunächst wird man an den von v. Helmholtz bei der Klanganalyse befolgten Weg denken. Als Resonatoren könnten M. Wien's optisches Telephon oder das Vibrationsgalvanometer von Rubens oder

auch ein electrisch schwingungsfähiges System aus Capacität und Selbstinduction dienen. Einmal würden aber Resonanzversuche mit ganzzahlig abgestuften Intervallen nur die C-, nicht aber die Phasenverschiebungen φ zu liefern im Stande sein. Sodann möchte wenigstens für die Technik sich als schwer wiegender Uebelstand geltend machen, dass der absolute Werth von T weit constanter sein müsste, als es bei den Wechselströmen der Starkstrompraxis der Fall ist. Von principiellen Schwierigkeiten solcher Art frei dürfte die folgende Methode sein.

Den zu analysirenden Strom $F(x)$ schickt man durch die feststehende Spule eines Electrodynamometers. Zugleich verbindet man die bewegliche Spule mit den Klemmen eines Sinusinductors, dessen Umlaufszeit T/n beträgt, wo T wieder die Periode von $F(x)$, n eine ganze Zahl bedeutet. Das zwischen beweglicher und fester Dynamometerrolle in jedem Momente herrschende Drehungsmoment ist proportional dem Producte der jeweiligen Stromstärken in beiden Rollen, also in unserem Falle proportional:

$$n \,.\, \sin(n\,x) \,.\, F(x)\,, \tag{4}$$

falls wir den Anfangspunkt der Zeit ($t = 0$; $x = 0$) so wählen, dass in ihm der Sinusinductorstrom gerade das Vorzeichen wechselt. Als resultirendes mittleres Drehungsmoment und die zu seiner Compensation nöthige Entgegendrehung des Torsionskopfes erhalten wir — unter Einführung einer Apparatconstanten k — demgemäss:

$$\alpha_n = k \,.\, n \,\frac{1}{\pi}\int\limits_0^{2\pi} F(x)\sin(n\,x)\,d\,x\,. \tag{5}$$

Das aber ist bis auf den Factor $k\,.\,n$ der Coefficient A_n der Fourier'schen Reihe für $F(x)$

$$A_n = \frac{1}{\pi}\int\limits_0^{2\pi} F(x)\sin(n\,x)\,d\,x \tag{6}$$

$$\alpha_n = k\,n\,A_n\,. \tag{7}$$

Drehen wir die Multiplicatorspule des Kohlrausch'schen Sinusinductors um 90^0 und lassen damit seinen Strom für $x = \pi/2$ Null werden, so wird die Dynamometerablesung



(8) $$\beta_n = k \,.\, n \,.\, \frac{1}{\pi} \int_0^{2\pi} F(x) \cos(n\,x)\, d\,x$$

(9) $$\beta_n = k\, n\, B_n.$$

Der Factor k lässt sich in bekannter einfacher Weise aus den Bestimmungsstücken des Sinusinductors (effective electromotorische Kraft bei Winkelgeschwindigkeit Eins, Widerstand, Selbstinduction) und des Dynamometers (Reductionsfactor, Widerstand, Selbstinduction) berechnen; er wird für genügend kleine Zeitconstante des Inductorstromkreises sich nur wenig mit dem Werthe von n ändern.

Wir haben also unseren Sinusinductor nacheinander mit den Tourenzahlen $1/T$, $2/T$, $3/T$ pro sec laufen zu lassen und die bei jeder der beiden aufeinander senkrechten Multiplicatorspulenstellungen beobachteten Dynamometerausschläge α_1 α_2 a_3 ... β_1 β_2 β_3 ... liefern nach Formel (7) und (9) die gesuchten Coefficienten der aufeinanderfolgenden Glieder der FOURIER'schen Entwickelung. Ein Blick auf Gleichungen (3) lehrt weiter, in welcher Weise auch die C und φ direct bestimmt werden könnten. Es muss für ein gegebenes n die Multiplicatorspule so lange um die Inductoraxe gedreht werden, bis das Dynamometer-Drehungsmoment ein Maximum wird. Tritt dies beim Winkel δ_n ein und beträgt das Maximum γ_n so ist

(10) $$\gamma_n = k \,.\, n \,.\, C_n, \qquad \varphi_n = \delta_n.$$

Dass die Empfindlichkeit der Methode mit wachsender Ordnungszahl n der Glieder steigt — α_n β_n γ_n sind dem $n \,.\, k_n$-fachen der A_n B_n C_n proportional —, das muss als ein Vorzug gelten, da die Amplituden A_n B_n C_n meist mit wachsender Ordnungszahl rasch abnehmen werden. Endlich sei noch auf folgenden Punkt hingewiesen. So wenig die Methode sonderliche Constanz der Hauptperiode T des Wechselstromes fordert, so sehr kommt es auf ganz exact multiple Proportionen in den Durchschnittswerthen der Sinusinductorperioden gegenüber der Wechselstromhauptperiode an. Dies kann aber praktisch mit einfachen Mitteln erreicht werden. Im Falle der Untersuchung des directen oder auch transformirten Stromes einer zugänglichen Dynamomaschine wird man Dynamoaxe und Sinusin-

ductor mechanisch kuppeln mit Zwischenschaltung von austauschbaren Zahnradübertragungen der Umsetzungsverhältnisse 1 2 3 . . . *n*. Auch bei Inductorien werden sich Inductoriumsinterruptor und Sinusinductor meist in analoger Weise verbinden lassen. Ist die stromerzeugende mechanische Vorrichtung dagegen nicht zugänglich, so muss der Sinusinductorantrieb durch einen Wechselstromsynchronmotor geschehen. Als Sinusinductor für Normalmessungen wird sich ein Apparat ohne Eisen empfehlen, etwa nach dem Principe des Erdinductors. Solch ein Instrument kann dann seinerseits zur Prüfung der Stromform eisenhaltiger Sinusinductoren benutzt werden.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 17. **Nr. 12.**

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 18. November 1898.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Vor Eintritt in die Tagesordnung theilte der Vorsitzende mit, dass die zweite Hälfte des Registers zu Bd. 21—43 der Fortschritte der Physik erschienen ist.

Hr. **P. Spiess** zeigte

einen IVES'schen Projectionsapparat zur Demonstration von Photographien in naturgetreuen Farben.

Hr. **A. König** sprach darauf

über die Möglichkeit einer Reproduction natürlicher Farben mit Hülfe der Photographie.

Sitzung vom 2. December 1898.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Hr. F. KOHLRAUSCH legte eine Mittheilung von Hrn. **E. Dorn** (in Halle a. S.) vor:

über das von BRUSH vermuthete neue Gas Etherion.

Hr. **E. Pringsheim** demonstrirte

ein Interferenzmikroskop nach SIRKS.

Hr. **G. Schwalbe** sprach dann

über die jährliche Variation des Erdmagnetismus.

Hr. **A. König** machte endlich

eine zusätzliche Bemerkung zu seinem Vortrage über die Möglichkeit einer Reproduction natürlicher Farben (vgl. vorige Seite).

Ueber das von Brush vermuthete neue Gas „Etherion"; von E. Dorn.

(Eingegangen am 21. November 1898, vorgelegt in der Sitzung vom 2. December 1898.)

(Vgl. oben p. 133.)

Einstweilen liegt mir von dem Vortrage, welchen Brush am 23. August d. J. in Boston hielt, nur der in den Chemical News vom 21. October veröffentlichte Auszug vor.

Brush schliesst auf das Vorhandensein eines neuen Gases aus der starken Wärmeleitung, welche er bei Drucken unterhalb 50 Milliontel Atmosphäre beobachtete. Er giebt u. a. an, dass bei $0{,}96 \cdot 10^{-6}$ Atm. die Leitungsfähigkeit 20 mal so gross gewesen sei als bei Wasserstoff von gleichem Drucke.

Wie wohl den meisten Physikern, stieg mir beim Lesen die Vermuthung auf, dass nicht ein neues Gas, sondern Wasserdampf die Ursache der auffallend grossen Wärmeleitung sei.

Bestärkt wurde ich in meiner Auffassung durch die Beschreibung, welche Brush von seinen Apparaten im August 1897 — also nach seinen ersten, schon vom 10. März 1897 datirenden Versuchen über „Etherion" — gegeben hat.[1]

Inzwischen hat Crookes in den Chemical News vom 4. November d. J. einer entsprechenden Anschauung Ausdruck gegeben; ich mochte nachstehende Mittheilung aber nicht zurückhalten, weil sich der Grund eines möglichen Irrthumes in der Deutung der Beobachtungen von Brush noch genauer bezeichnen lässt.

Die Zeichnungen (Chem. News 1898. p. 197) lehren zunächst, dass die Wärmeleitung an sich nicht sonderlich gross war, sondern nur im Vergleich mit Wasserstoff für (vermeintlich) gleichen Druck.

---

1) Proc. of the Americ. Ass. for Adv. of Sc. Detroit, Michigan 1897, publicirt Juni 1898. p. 94 u. 119.

Die Bedingungen für eine reichliche und dauernde Entwickelung von Wasserdampf (und Kohlensäure) waren bei Brush durch die 120 g Glaspulver gegeben, welche in einer Verbrennungsröhre an den Apparat angeschlossen waren. Denn nach den Untersuchungen von Bunsen, Chappuis, Krause u. a. adsorbirt Glas bekanntlich grosse Mengen von Wasser und Kohlensäure, die es bei Erhitzung und Druckerniedrigung nur allmählich frei giebt.

Da die Phosphorsäure bei der Anordnung von Brush sich in einem seitlichen Ansatzrohr befand, konnte der Wasserdampf in das Versuchsgefäss mit dem Thermometer wie in die Birne des MacLeod'schen Manometers, welches zur Druckmessung diente, gelangen.

Crookes betont in seiner Kritik bereits die leicht ersichtliche Schwierigkeit, die Tension von verdünntem Wasserdampf mit MacLeod's Manometer zu messen.

Im vorliegenden Falle war aber noch ein Grund vorhanden, der die Drucke viel zu klein erscheinen lassen musste.

Um nämlich Störungen durch electrostatische Ladungen der Glaswand im oberen engen Theile des MacLeod'schen Manometers zu beseitigen, benetzte Brush (l. c. p. 122) dieselbe mit verdünnter Lösung von Phosphorsäure, welche dann im Vacuum unter Einwirkung der festen Phosphorsäure ziemlich trocknete.

Es konnte also im Versuchsraum neben etwas Kohlensäure eine verhältnissmässig bedeutende Menge von Wasserdampf vorhanden sein, welche bei der Druckmessung nicht zur Geltung kam, und dies genügt zur Erklärung der auffälligen Vorgänge bei der Wärmeleitung.

Es mag nur noch kurz darauf hingewiesen werden, dass bei Brush keine Angabe zu finden ist, wonach er bei seinen übrigen Versuchen dem Wasserdampf die gebührende Beachtung geschenkt hätte.

Das durch längeres Evacuiren und Erhitzen „erschöpfte“ Glaspulver setzte er der atmosphärischen Luft aus, worauf es wieder „Etherion“ abgab. Brush schliesst hieraus, dass das neue Gas ein Bestandtheil der Atmosphäre sei. Sollte der Versuch beweisend sein, so hätte die Luft wenigstens von Feuchtigkeit und Kohlensäure befreit sein müssen.

Bei dem Diffusionsversuch durch das Porzellanrohr war die Phosphorsäure entfernt; daher ist das Ergebniss ungezwungen dem aus dem Porzellan stammenden Wasser zuzuschreiben.

Nimmt man die Angabe von Brush hinzu, dass sein neues Gas von Phosphorsäure und Aetznatron absorbirt wird, ferner dass Spectralversuche nicht vorliegen, so wird man einstweilen die von Brush beobachteten Thatsachen dem Wasserdampf zuschreiben dürfen, bis zwingendere Beweise für die Existenz eines neuen Gases beigebracht sind.

Halle, 20. November 1898.

Ueber die jährliche Variation des Erdmagnetismus; von G. Schwalbe.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 2. December 1898.)

(Vgl. oben p. 134.)

Immer mehr haben neuere Untersuchungen über den Erdmagnetismus die hohe wissenschaftliche Bedeutung erdmagnetischer Observatorien bewiesen. Nur durch Beobachtungen von der Genauigkeit, wie sie an derartigen Observatorien erreichbar ist, ist es möglich gewesen, die tägliche und jährliche Variation der erdmagnetischen Kraft, welche eine grosse theoretische Bedeutung haben, nachzuweisen.

Von der wissenschaftlichen Bedeutung der täglichen Periode mag hier nur kurz erwähnt werden, dass Hr. v. Bezold durch theoretische Betrachtungen gefunden hat, dass dieselbe im Gegensatze zum normalen Erdmagnetismus Strömen zu verdanken ist, welche oberhalb der Erde (in der Atmosphäre) ihren Sitz haben. Man kann die Gesetze derartiger Perioden sehr leicht erkennen, wenn man sie graphisch mittels sogenannter Vectordiagramme darstellt. Vereinigt man nämlich die beiden rechtwinkeligen Componenten der horizontalen Kraft zu ihrer Resultante und legt diese nach Grösse und Richtung an einen als Coordinatenursprung dienenden Punkt, so beschreibt der Endpunkt der Resultante im Laufe des Tages bez. des Jahres eine geschlossene Curve. Derartige Vectordiagramme wurden zuerst von Lloyd und Airy angewendet. Da diese Forscher jedoch dieselben nach dem magnetischen Meridiane orientirten, so liessen sich viele Beziehungen aus denselben nicht herauslesen. Erst nachdem Hr. v. Bezold gezeigt hatte, dass bei Orientirung der Curven nach dem astronomischen Meridiane sich die Gesetzmässigkeiten der täglichen Periode sehr leicht aus den Curven herauslesen lassen, erscheint es rathsam, sich dieser Methode auch für die jährliche Periode zu bedienen.

Als jährliche Periode wollen wir nun den Rest der jährlichen Variation ansehen, welche nach Eliminirung der täglichen Periode und der Säcularvariation übrig bleibt. Man kann sie daher berechnen, indem man in ganz elementarer Weise diese beiden Grössen eliminirt. Ein genaueres Verfahren ist aber jedenfalls, wenn man sie nach einer Formel von folgender Form darstellt:

$$f(x) = x_0 + a(t - T_0) + p_1 \sin \Theta + q_1 \cos \Theta$$
$$+ p_2 \sin 2\Theta + q_2 \cos 2\Theta + \ldots$$

Das Glied $a\,(t - T_0)$ hängt von der Säcularvariation ab. Es bedeutet T_0 den Anfangspunkt der zu Grunde gelegten Epoche, t einen bestimmten Zeitpunkt, Θ die Länge der Sonne, welche diesem Zeitpunkte entspricht. Bekanntlich durchläuft Θ im Laufe eines Jahres alle Werthe von 0 bis 360°.

a, p_1, q_1, p_2, q_2 etc. sind zu berechnende Constante.

Für die Darstellung der jährlichen Periode braucht man die Variationen der Horizontalintensität (H), sowie der beiden rechtwinkeligen Componenten derselben, der Verticalintensität (V) und der westlichen Declination (δ). Alle diese Grössen werden beobachtet und können den Publicationen direct entnommen werden. Nur die rechtwinkeligen Componenten müssen gesondert berechnet werden. Sei $+X$ die nach Norden, $+Y$ die nach Osten gerichtete Componente von H, so ist:

$$X = H \cos \delta,$$
$$-Y = H \sin \delta,$$

woraus durch Differentiation folgt:

$$dX = \cos \delta \, \partial H - H \sin \delta \, \partial \delta,$$
$$dY = -\sin \delta \, \partial H - H \cos \delta \, \partial \delta.$$

Man sieht also, dass sich die Variationen von X und Y leicht aus denen von H und δ berechnen lassen. Berechnet man nun die jährliche Periode des Erdmagnetismus für mehrere Orte der Erde, so findet man, dass auf der nördlichen Halbkugel die Verticalintensität ihr Minimum im Sommer und ihr Maximum im Winter hat, während westliche Declination und Horizontalintensität, sowie die nördliche Componente X und westliche Componente Y das umgekehrte Verhalten zeigen. Auf der südlichen Halbkugel kehren sich die Verhältnisse

um, was von theoretischer Bedeutung ist. Aus diesem Verhalten lässt sich auf den Sitz der Kraft schliessen, welcher die jährliche Periode ihren Ursprung verdankt. Nach dem Vorgange des Hrn. v. Bezold [1]) lassen sich diese Schlussfolgerungen in sehr einfacher Weise etwa folgendermaassen ziehen: Die Zunahme der westlichen Declination bei gleichzeitiger Zunahme der Horizontalintensität vom Winter zum Sommer lässt nur die Deutung zu, dass das Nordende der Magnetnadel im Sommer von einem Südpole beeinflusst wird, was unter Anwendung der Sätze über die Wirkung des Solenoids entweder Strömen entspricht, welche unterhalb der Erdoberfläche in der Richtung von Ost nach West, d. h. im Sinne des Uhrzeigers kreisen oder in der Atmosphäre in der entgegengesetzten Richtung. Gleichzeitig erfährt nun die Verticalintensität eine Schwächung, d. h. das Nordende sucht sich von der Erdoberfläche zu entfernen. Würden die Ströme innerhalb der Erde ihren Sitz haben, so müssten sie bei diesem Verhalten der Inclinationsnadel entgegengesetzt dem Uhrzeiger sich bewegen, sodass nur die Möglichkeit übrig bleibt, dass die jährliche Aenderung der erdmagnetischen Kraft durch Ströme veranlasst wird, welche oberhalb der Erde (in der Atmosphäre) kreisen. Bei dem entgegengesetzten Verhalten der südlichen Halbkugel müssen analoge Betrachtungen zu demselben Resultate führen.

1) v. Bezold, Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin 18. p. 32—33. 1897; Sitzungsber. der physik.-mathem. Klasse vom 1. April 1890, mit 2 Tafeln.

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig.

Jahrg. 17. Nr. 13.

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Diese Zeitschrift erscheint je nach Bedarf und ist zum Preise von 4 Mark jährlich zu beziehen durch alle Buchhandlungen, Postanstalten, sowie von der Verlagsbuchhandlung JOHANN AMBROSIUS BARTH in Leipzig.

Sitzung vom 16. December 1898.

Vorsitzender: Hr. E. WARBURG.

Der Vorsitzende theilt mit, dass der Vorstand sämmtlichen hiesigen und auswärtigen Mitgliedern einen Entwurf neuer Satzungen hat zugehen lassen. Die zu diesem Entwurfe von verschiedenen Seiten gemachten Abänderungsvorschläge seien dann vom Vorstande durchberathen und zum Theil angenommen worden.

Die wesentlichen Punkte, in denen der so modificirte Entwurf, der das Verhältniss der Berliner Mitglieder zu der Gesellschaft unverändert lässt, sich von dem alten Statut unterscheidet, sind die folgenden:

1. Die Gesellschaft erhält den Namen: Deutsche physikalische Gesellschaft.
2. Die Gesellschaft betheiligt sich an den Sitzungen der Abtheilung für Physik in der Versammlung Deutscher Naturforscher und Aerzte.
3. Es wird ein wissenschaftlicher (aus drei Berliner und drei auswärtigen Mitgliedern bestehender) Ausschuss eingesetzt.
4. Die auswärtigen Mitglieder erhalten Stimmrecht nach Maassgabe der §§ 11, 12, 13 u. 33 des Entwurfs.
5. Die auswärtigen Mitglieder erhalten die Verhandlungen der Gesellschaft kostenfrei zugesandt.
6. Die auswärtigen Mitglieder zahlen einen Jahresbeitrag von 5 Mark.

Die neuen Satzungen werden nach kurzer Discussion von der zahlreich besuchten, im Sinne von § 45 des alten Statuts

beschlussfähigen Versammlung mit einigen kleineren, die oben aufgeführten sechs Punkte nicht berührenden Aenderungen einstimmig angenommen. Dieselben sind nunmehr nach der Bestimmung von § 45 des alten Statuts einer endgültigen Beschlussfassung in der nächsten Sitzung (6. Januar 1899) zu unterbreiten.

Hr. **E. Hagen** berichtet dann nach gemeinsam mit Hrn. **H. Rubens** angestellten Messungen

über das Reflexionsvermögen von Metallen.

Hr. **H. du Bois** legt am Schlusse der Sitzung eine Abhandlung betreffend

Umwandlungstemperaturen im elektromagnetischen Felde

vor, deren Vortrag auf die nächste Sitzung verschoben wird, während beschlossen wird, dass der Abdruck schon in dem Bericht über diese Sitzung erfolgen soll.



Ueber das Reflexionsvermögen von Metallen; von E. Hagen und H. Rubens.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 16. December 1898.)

(Vgl. oben p. 142.)

Die im Nachfolgenden kurz besprochene Untersuchung hat es sich zur Aufgabe gestellt, für eine Reihe von Metallen, Spiegelmetallen und belegten Glasspiegeln das Reflexionsvermögen für die verschiedenen Wellenlängen zu ermitteln. Sie liegt z. Zt. für den sichtbaren Theil des Spectrums abgeschlossen vor.

Die angewendete Methode erlaubt es, die Reflexion für fast genau senkrechte Incidenz der auffallenden Strahlen zu bestimmen und vermeidet dadurch die Complicationen, welche bei schräger Incidenz die Lösung der Aufgabe durch das Auftreten der Polarisation erschweren. Die Methode unterscheidet sich von den bisher zu gleichem Zwecke verwendeten Verfahren anderer Forscher, soweit diese bei ihren Versuchen überhaupt verschiedene Wellenlängen berücksichtigt haben, ferner dadurch, dass bei ihr nicht die Wärmewirkung der Strahlung gemessen, sondern das Verhältniss des auf den betreffenden Spiegel auffallenden und von ihm reflectirten Lichtes mittels eines Spectralphotometers ermittelt wurde. Als solches diente ein Spektrometer, dessen Collimator mit einem VIERORDT'schen Doppelspalt versehen und vor dessen Beobachtungsrohrobjectiv ein Biprisma in der zuerst von FREY und KRIES[1]) beschriebenen und von A. KÖNIG[2]) bei seinem Spectralphotometer benutzten Weise vorgesetzt wurde. Das Fadenkreuz des Beobachtungsfernrohres war durch einen mit 2 horizontal und 2 vertical

---

1) M. v. FREY u. J. v. KRIES, Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. p. 336. 1881.

2) A. KÖNIG, Verhandl. d. phys. Ges. p. 50. 1885; Wied. Ann. **53**. p. 785. 1894.

verschiebbaren Backen versehenen Spalt ersetzt. Der auf diese Art zu einem für die vorliegende Untersuchung geeigneten Spectralphotometer umgestaltete Apparat gestattete die Lichtstärkenvergleichungen nach der MAXWELL'schen[1]) Methode der Ocularspaltbeobachtung auszuführen.

Die Versuchsanordnung selbst gestaltet sich dem Princip nach sehr einfach.

In etwa 60 cm Abstand von dem Spalt des Spectralphotometers wird ein 2 mm breiter Platinstreifen von 0,1 mm Dicke fest aufgestellt, der elektrisch geglüht[2]) werden kann und als Lichtquelle dient. Seine Ebene war vertical, seine Längsrichtung horizontal und gleichzeitig senkrecht zur optischen Axe des Collimatorrohres, und die Aufstellung des zugehörigen Platinglühapparates so gewählt, dass die untere Kante des Platinstreifens $^1/_{10}$ bis $^1/_{20}$ mm oberhalb der Axe des Collimators lag.

Diesem Platinstreifen gegenüber wurde der zu untersuchende Spiegel, welcher bei unseren Versuchen regelmässig 30 cm Krümmungsradius und 4 cm Oeffnung hatte, so aufgestellt, dass die Axe des Collimators des Spectralphotometers nahezu durch seine Mitte hindurchging und der Abstand des glühenden Platinstreifens von dem Hohlspiegel gleich dessen Krümmungsradius war. Der Spiegel wurde dann so justirt, dass ein reelles Bild des Platinstreifens genau in dessen Verticalebene und bei der gedachten Aufstellung in kleinem Abstande unterhalb desselben entworfen wurde. Der glühende Platinstreifen selbst und sein soeben erwähntes reelles Bild wurden nun mit Hülfe einer Projectionslinse[3]) auf den VIERORDT'schen Spalt des Spectralphotometers so projicirt, dass auf dem unteren Spalt[4]) der glühende Platinstreifen selbst, auf dem oberen Spalt

1) J. CLERK MAXWELL, The theory of compound colours. Phil. Trans. **150.** p. 57 ff. 1860.

2) Mit etwa 19 Amp. für $\lambda = 450\ \mu\mu$, für die übrigen Wellenlängen ca. 13 Amp.

3) Im Hinblick auf eine spätere Ausdehnung der Versuche auf den ultravioletten Theil des Spectrums ist das Prisma aus Quarz hergestellt und alle verwendeten achromatisirten Objective und Linsen aus Quarz und Flussspath.

4) Dessen Breite wurde gewöhnlich = 0,15—0,2 mm gewählt.



aber das von dem Hohlspiegel gelieferte reelle Bild des Platinstreifens abgebildet wurde. Eine photometrische Vergleichung dieser beiden auf dem Vidrordt'schen Doppelspalt entworfenen Bilder musste dann unmittelbar den Bruchtheil des von dem untersuchten Spiegel für die betreffende Wellenlänge reflectirten Lichtes ergeben. Voraussetzung hierzu wäre aber, dass der Platinstreifen an allen in Betracht kommenden Stellen gleich stark glüht, und dass seine Vorder- und Rückseite ein gleiches Ausstrahlungsvermögen besitzt. Um diesen Bedingungen zu genügen, war durch entsprechende Hülfsmittel an dem Platinglühapparate und mikrometrische Einstellung des Hohlspiegels dafür gesorgt, dass das auf die beiden Hälften des Vierordt'schen Doppelspaltes fallende Licht von genau derselben Stelle der Vorder- und Rückseite des glühenden Platinstreifens herrührte. Sodann wurden nur solche Platinstreifen benutzt, welche mit Platinmoor von 2 μ Dicke überzogen waren, da sich derartige Streifen hinsichtlich ihrer Emission wesentlich gleichmässiger verhalten, als blankes Platin. Endlich wurde, um sich von den nun noch verbleibenden etwaigen Ungleichheiten der Temperaturvertheilung oder des Ausstrahlungsvermögens des Platinstreifens unabhängig zu machen, ein jeder Versuch nach Umdrehung des um eine verticale Axe drehbaren Platinglühapparates um 180 ^{0} wiederholt, sodass dadurch Vorder- und Rückseite des Platinstreifens vertauscht wurde.

Die Reflexionsvermögen selbst wurden für jede der benutzten Wellenlängen (450, 500, 550, 600, 650, 700 $\mu\mu$) aus 10 Spalteinstellungen für die eine und 10 für die um 180 ^{0} gedrehte Stellung des Platinglühapparates abgeleitet.

Da, wo Hohlspiegel nicht vorhanden waren, oder es sich um die Untersuchung gegebener Planspiegel handelte, wurden die Versuche mit solchen unter Zuhülfenahme einer vorgesetzten Linse ausgeführt. Aus den hierbei erhaltenen „scheinbaren Reflexionsvermögen"[1]) konnten — da reines Silber sowohl in Form von Hohlspiegeln, wie auch von Planspiegeln unter Benutzung derselben Versuchsanordnung untersucht war — alsdann leicht durch Rechnung die wahren Reflexionsvermögen gefunden werden.

---

1) „Scheinbar", weil die erwähnte Linse vorgesetzt war.

Die Versuchsergebnisse sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Reflexionsvermögen in Procenten des auffallenden Lichtes						
für λ =	450	500	550	600	650	700 $\mu\mu$
A) Reine Metalle	%	%	%	%	%	%
Silber	90,6	91,8	92,5	93,0	93,6	94,6
Platin	55,8	58,4	61,1	64,2	66,3	70,1
Nickel	58,5	60,8	62,6	64,9	65,9	69,8
Stahl, gehärtet	58,6	59,6	59,4	60,0	60,1	60,7
Stahl, ungehärtet	56,3	55,2	55,1	56,0	56,9	59,3
Gold	36,8	47,3	74,7	85,7	88,2	92,2
Kupfer	48,8	53,3	59,5	83,5	89,0	90,7
B) Spiegelmetalle						
Legirung von Ross (68,2 Proc. Cu + 31,8 Sn)	62,0	62,9	64,0	64,4	65,6	68,1
Legirung von Brashear (desgl.)	„	„	„	„	„	„
Legirung Nr. 1 von Schröder (66 Proc. Cu + 22 Sn + 12 Zn)	62,4	62,5	63,4	64,2	65,1	68,0
Legirung Nr. 6 von Schröder (60 Proc. Cu + 30 Sn + 10 Ag)	61,5	62,5	63,6	65,2	66,6	68,6
C) Glasspiegel						
hinten belegt mit Silber	79,3	81,5	82,5	82,5	83,5	84,5
bis	85,7	86,6	88,2	88,1	89,1	89,6
hinten belegt mit Quecksilberamalgam	72,8	70,9	71,2	69,9	71,5	72,8

Aus den in der Tabelle angegebenen Zahlen ergiebt sich, dass das Reflexionsvermögen im allgemeinen mit zunehmender Wellenlänge wächst; besonders deutlich geht dies aus den für Gold und Kupfer mitgetheilten Versuchsergebnissen hervor. Beide Metalle zeigen in Folge ihrer gelben, bez. röthlichen Färbung ein sehr kleines Reflexionsvermögen für violette und blaue Strahlen, während dasselbe für rothe Strahlen von der Wellenlänge 700 $\mu\mu$ bei dem Gold fast ebenso gross, wie das des Silbers wird. Eine Ausnahme von der oben angegebenen Regel bildet von den reinen Metallen nur das Eisen (bez. Stahl), welches in Uebereinstimmung mit den seinerzeit von Jamin berechneten und von Rubens mit Hülfe von Wärmestrahlungsversuchen gefundenen Werthen ein Minimum des Reflexions-

vermögens für $\lambda = 550\ \mu\mu$ aufweist. Dieselbe Erscheinung zeigen übrigens auch eisenhaltige Legirungen und mit Quecksilberamalgam belegte Glasspiegel.

Interessant ist es, dass die ihrer Zusammensetzung nach wesentlich von einander verschiedenen, in der Tabelle angegebenen Spiegelmetalle sämmtlich fast genau die gleichen Reflexionsvermögen besitzen und sich darin von demjenigen des Nickels kaum unterscheiden.

Endlich haben wir auch noch eine von den Herren Brandes & Schünemann[1]) zusammengesetzte nickel- und eisenhaltige Spiegellegirung untersucht, welche allerdings nur ein verhältnissmässig geringes Reflexionsvermögen (47—55 Proc.) besitzt, dafür aber in hohem Grade politurfähig, sehr luftbeständig und chemischen Agentien gegenüber so widerstandsfähig ist, dass sie sich nur in Königswasser löst.

Die in der Tabelle für hinten mit Silber belegte Glasspiegel mitgetheilten Daten lassen erkennen, dass das Reflexionsvermögen von Silber an Glas wesentlich von der Art abhängt, in welcher es auf letzterem niedergeschlagen wurde. Es ist daher auch nicht möglich, aus dem Reflexionsvermögen von Silber an Luft und dem Brechungsexponenten des Glases das Reflexionsvermögen eines hinten versilberten Glasspiegels zu berechnen.

Es erübrigt noch, zu bemerken, dass die von uns für das Reflexionsvermögen gefundenen Werthe mit den von Hrn. Drude[2]) aus dem Hauptazimuth und Haupteinfallswinkel berechneten im allgemeinen gut übereinstimmen. Sie sind aber durchgängig etwas grösser als die Zahlen anderer Beobachter, was seinen Grund darin haben mag, dass unsere spiegelnden Flächen — mit wenigen Ausnahmen von der Firma Carl Zeiss in Jena hergestellt — von einer bisher wohl kaum erreichten Vollkommenheit waren.

Charlottenburg, Physikal.-Techn. Reichsanst. — Abth. II.

1) In Berlin SW, Teltower Str. 13.

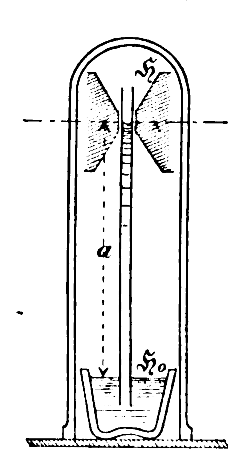
2) P. Drude, Wied. Ann. **39.** p. 481. 1890.

Umwandlungstemperaturen im elektromagnetischen Felde; von H. du Bois.

(Vorgelegt in der Sitzung vom 16. December 1898.)

(Vgl. oben p. 142.)

Beim Schmelzen eines etwa einprocentigen Eisenamalgams zwischen -38^0 und -39^0 beobachtete Hr. NAGAOKA[1]) eine Unstetigkeit der Magnetisirung. Bei der näheren Erforschung dieser Erscheinung verursachte die Unsicherheit betreffs der Constitution solcher Amalgame mir bisher Schwierigkeiten. Ich beschränke mich daher vorläufig auf eine einfache Darlegung der in Betracht kommenden theoretischen Gesichtspunkte und ihrer Anwendung, insbesondere auf das Beispiel des flüssigen Sauerstoffs, für den die erforderlichen Daten jüngst veröffentlicht wurden[2]), und bei dem die erwähnte Schwierigkeit wegfällt.



Für die Steighöhe einer Flüssigkeit habe ich folgende Gleichung hergeleitet:[3])

$$a = \frac{1}{g\,(D_f - D_d)} \int_{\mathfrak{H}_0}^{\mathfrak{H}} \mathfrak{J}\, d\,\mathfrak{H}. \tag{1}$$

Für eine chemisch homogene Flüssigkeit folgt aus der Anwendung der bekannten elementaren Betrachtungsweise von Lord KELVIN und Hrn. ARRHENIUS[4]) bei Vermeidung einer

---

1) NAGAOKA, Wied. Ann. **59.** p. 81. 1896.

2) FLEMING u. DEWAR, Proc. Roy. Soc. **63.** p. 311. 1898.

3) H. DU BOIS, Wied. Ann. **35.** p. 146. 1888. — Bezeichnungen: $\mathfrak{H}$ Feldintensität, $\mathfrak{J}$ Magnetisirung, $\varkappa$ Susceptibilität, a Steighöhe, D_f Dichtigkeit der Flüssigkeit, D_d des Dampfes, P Dampfdruck, Θ absolute Temperatur, Λ Verdampfungswärme; vgl. übrigens obenstehende Figur.

4) ARRHENIUS, Zeitschr. f. physik. Chem. **3.** p. 115. 1889.

dauernden Destillation, dass die Dampfdruckdifferenz δP zwischen beiden Niveaus folgenden Werth aufweisen muss:

$$\delta P = P_{\mathfrak{H}} - P_0 = -g\, D_d\, a. \tag{2}$$

Aus (1) und (2) ergiebt sich für die magnetische Variation der entsprechenden Siedetemperatur Θ, wenn nunmehr $\mathfrak{H}_0 = 0$ gesetzt wird:

$$\delta \Theta = -\frac{\partial \Theta}{\partial P}\delta P = \frac{\partial \Theta}{\partial P}\frac{D_d}{D_f - D_d}\int_0^{\mathfrak{H}} \mathfrak{J}\, d\mathfrak{H}, \tag{3}$$

und durch Combination mit der CLAPEYRON'schen Gleichung:

$$\delta \Theta = \frac{\Theta}{A\, D_f}\int_0^{\mathfrak{H}} \mathfrak{J}\, d\mathfrak{H}. \tag{4}$$

Eine paramagnetische [diamagnetische] Flüssigkeit erfährt daher im electromagnetischen Felde eine Erhöhung [bez. Erniedrigung] ihrer Siedetemperatur, welche um so grösser ausfällt, je höhere Werthe die Susceptibilität und je geringere Verdampfungswärme und Dichtigkeit der Flüssigkeit aufweisen.

Falls die Susceptibilität zwischen den Grenzen des Integrales nicht variirt, ergiebt sich einfacher:

$$\delta \Theta = \frac{\Theta\, \varkappa\, \mathfrak{H}^2}{2\, A\, D_f}. \tag{5}$$

Obige Folgerungen bleiben auch dann statthaft, wenn man sich in vorstehender Figur an Stelle der Flüssigkeitssäule einen festen paramagnetischen Cylinder von der Länge a mit seinem oberen Ende gewissermaassen im Felde hängend denkt, sodass er sein eigenes Gewicht gerade trägt. Dabei sei die Stabilität durch reibungslose Führung gewährleistet[1]), die Mantelfläche des Cylinders mit einem unendlich dünnen undurchlässigen Firniss isolirt gedacht. Man gelangt in dieser Weise betreffs

---

1) Bekanntlich giebt es für paramagnetische Körper keine stabilen Lagen im Felde (Problem des „Sargs von Mahomed"). Für einen diamagnetischen Cylinder ist die Anordnung umgekehrt zu denken; sie ist übrigens von QUINCKE, Lord KELVIN, A. P. WILLS u. A. in abgeänderter Form auch experimentell verwerthet worden.

der magnetischen Variation der Sublimationstemperatur eines festen Körpers — z. B. des leicht sublimirbaren wasserfreien Eisenchlorids — mutatis mutandis zu analogen Schlüssen und identischen Gleichungen, wie für die Siedetemperatur; an Stelle der Verdampfungswärme Λ tritt in Gleichung (4) die Sublimationswärme.

Da hierdurch erwiesen ist, dass die Dampfdruckcurven sowohl der flüssigen wie der festen Phase im magnetischen Felde verschoben werden, muss auch die durch ihren Schnittpunkt bestimmte Gefriertemperatur im allgemeinen eine magnetische Variation erleiden.

Im Folgenden ist die Siedepunktsänderung für einige Flüssigkeiten in einem Felde von 50000 C.G.S. berechnet.

Flüssiger Sauerstoff ($\Theta = 91^0$ abs.).

$\varkappa = + 0{,}324$ Tausendstel,

$a = + 361$ cm,

$\delta\,\Theta =$ sehr nahe $+ 0{,}01^0$,

unter Voraussetzung der Gültigkeit des Gay-Lussac'schen Gesetzes und der Constanz der Susceptibilität.[1])

Wasser ($\Theta = 373^0$).

$\varkappa = -0{,}72$ Millionstel,

$\delta\,\Theta = -\ 0{,}000015^0$.

Aethyläther ($\Theta = 308^0$).

$\varkappa = -\ 0{,}61$ Millionstel,

Grössenordnung von $\delta\,\Theta = -\ {}^1/_{10000}{}^0$.

Auf Lösungen sind die im Vorigen gegebenen Gleichungen ohne weiteres nicht anwendbar wegen der dort möglichen Concentrationsänderungen im magnetischen Felde.[2]) Vernachlässigt man diese Complication, so kann man immerhin die Grössenordnung der Siedepunktsänderung berechnen. Man findet z. B. für eine concentrirte wässerige Eisenchloridlösung eine Er-

1) Vgl. indessen Fleming u. Dewar, l. c. p. 326.

2) Duhem, Annal. Ecole norm. Supér. (3) 7. p. 289. 1890; gegen diese Theorie der Lösungen paramagnetischer Salze lässt sich übrigens manches einwenden; vgl. Königsberger, Wied. Ann. 66. p. 698. 1898.

höhung von der Ordnung eines Tausendstel Grades. Wollte man die von Hrn. NAGAOKA in meinem Laboratorium untersuchten Amalgame als homogene Flüssigkeiten auffassen, so würde man z. B. für das Eisenamalgam $(Fe, Hg)_1$ eine Siedepunktserhöhung um etwa ein Zwanzigstel Grad erhalten bei einer Steighöhe von ca. 185 cm.

Bei weiterer Verfeinerung der thermometrischen Methoden dürfte es wohl ermöglicht werden, die hier discutirte thermomagnetische Erscheinung zu beobachten; auch dürfte sie bei gewissen bisher wenig bekannten magnetochemischen Vorgängen mittelbar eine Rolle spielen.[1])

[1]) Vgl. A. H. Bucherer, Wied. Ann. **58.** p. 564. 1896 und **59.** p. 735. 1896.

Ueber ein Interferenzmikroskop nach Sirks;
von E. Pringsheim.

(Vorgetragen in der Sitzung vom 2. December 1898.)

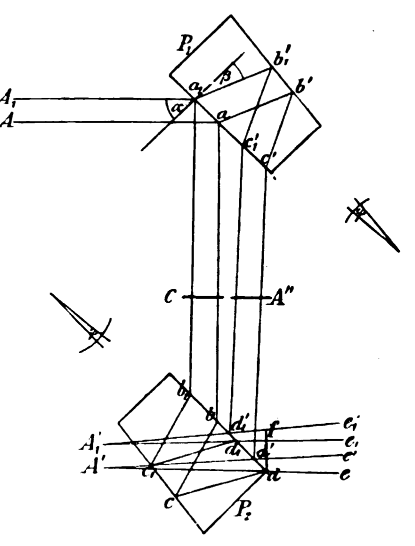
(Vgl. oben p. 133.)

Der vorgeführte Apparat verdankt seine Entstehung einer Anregung von medicinischer Seite. Vor längerer Zeit wandte sich Hr. O. ISRAEL, Assistent am Pathologischen Institut der Universität Berlin, an mich und stellte es mir als eine für die mikroskopische Biologie sehr wichtige Aufgabe dar, einen Apparat zu construiren, der es gestatte, die Brechungsverhältnisse innerhalb mikroskopischer Objecte zu bestimmen. Es seien in den biologischen Präparaten unter dem Mikroskop verschiedenartige Substanzen zu unterscheiden, welche sich durch ihre verschiedene Lichtbrechung bemerklich machen, und es würde einen wesentlichen Fortschritt bedeuten, wenn es gelänge, die Brechungsexponenten dieser Substanzen der Messung zugänglich zu machen. Ich ging daran den JAMIN'schen Interferenzrefractor für die mikroskopische Beobachtung umzugestalten, als ich durch ein Referat in den „Beiblättern" auf eine Arbeit von SIRKS[1]) aufmerksam wurde, in welcher das Problem im Princip bereits vollständig gelöst war. Hr. SIRKS hat ein Interferenzmikroskop für schwache Vergrösserungen construirt, bei welchem die planparallelen Platten des JAMIN'schen Interferenzrefractors durch schwach keilförmige Platten ersetzt sind. Durch diese Platten wird ein System von Interferenzstreifen entworfen, dessen Ort zwischen den Platten liegt. Bringt man daher in den Weg des einen der beiden interferirenden Strahlen zwischen den Platten ein Object, so kann man gleichzeitig dieses und die Streifen in einem hinter der zweiten Platte aufgestellten Mikroskop scharf sehen, und wenn verschiedene Stellen des Objectes verschiedene Dicke oder verschiedenen Brechungsindex haben, so werden die Streifen in

---

1) J. A. SIRKS, Hand van het vierde Ned. Nat. en Gen. Congres, p. 92—95. Groningen 1893; Beibl. 18. p. 457. 1894.

diesen verschiedenen Theilen des Objectes gegeneinander verschoben erscheinen. Die genaue Beschreibung eines mit Benutzung des Sirks'schen Princips nach meinen Angaben von der Firma Schmidt & Haensch in Berlin hergestellten Interferenzmikroskopes, welches noch bei 100facher Vergrösserung bequem Messungen gestattet, wird Hr. Martens, welcher sich der constructiven Ausführung mit ebenso viel Eifer als Geschick angenommen hat, in der Zeitschrift für Instrumentenkunde geben. Hier soll nur eine kurze Andeutung der Theorie und der Messmethode gegeben werden.



In der nebenstehenden Figur seien P_1 und P_2 die beiden auf der Rückseite versilberten, vollständig identischen Glasplatten. Ihr Keilwinkel sei φ. (Bei dem Apparat ist $\varphi = 1{,}5'$.) Die einander gegenüberstehenden Flächen der beiden Platten seien parallel. Das einfallende Licht bestehe aus parallelen Strahlen, von denen zwei, Aa und $A_1 a_1$ gezeichnet sind. Der unter dem Winkel α auf P_1 einfallende Strahl Aa wird in zwei Strahlen zerlegt: $abcde$ und $ab'c'd'e'$. Diese verlassen die Platte P_2 divergirend, als ob sie von dem Punkte A' herkämen. Ist die Dicke der Platte P_1 bei b' gleich D_1, die der Platte P_2 bei c gleich D_2, so ist die Phasendifferenz der aus der zweiten Platte austretenden Strahlen $A'e$ und $A'e'$ in Punkten, welche von A' gleich weit entfernt sind, also auch die scheinbare Phasendifferenz in A' mit genügender Annäherung gegeben durch:

$$2n(D_1 - D_2)\cos\beta.$$

Für denjenigen Strahl, für welchen $D_1 = D_2$ ist, ist also die Phasendifferenz gleich Null, die Strahlen verstärken sich für alle Wellenlängen des benutzten Lichtes. Wir wollen an-

nehmen, dies sei für den Strahl Aa der Fall. Der Strahl $A_1 a_1$ sei der erste dem Centralstrahl Aa benachbarte, für den für eine bestimmte Wellenlänge λ die Phasendifferenz gleich $\lambda/2$ ist. Dann ist für ihn:

$$2n(D_1' - D_2')\cos\beta = \frac{\lambda}{2},$$

wenn wir mit D_1' und D_2' die Dicke der Platten bei b_1' und c_1 bezeichnen.

Ist die Streifenbreite des in der Ebene $A' A_1'$ entstehenden Streifensystems für die Wellenlänge λ gleich B, so ist

$$A' A_1' = \frac{B}{2} = df,$$

wenn $df \parallel A' A_1'$ ist. Nun ist sehr angenähert:

$$\frac{df}{dd_1} = \cos\alpha$$

und

$$dd_1 . \varphi = \frac{D_1' - D_2'}{2},$$

also

$$B = \frac{\lambda \cos\alpha}{4 n \varphi \cos\beta}.^{1)}$$

Dass die Streifen äquidistant sind, ist unmittelbar ersichtlich. Wenn man die Platte P_2 um eine zur Ebene der Zeichnung senkrechte Axe um den kleinen Winkel ψ dreht, so bleibt das Streifensystem unverändert, aber seine Lage im Raum ändert sich. Sei A'' das Spiegelbild von A' in Bezug auf die Fläche bd, so ist $A'' d' = s$ gegebem durch die Formel:

$$s = \frac{D\cos^2\alpha}{n\cos^3\beta} + \frac{E}{2} + \frac{\psi}{\varphi}\,\frac{D\cos\alpha}{2n^4\cos^4\beta}(n^2\cos 2\alpha + \sin^4\alpha).$$

Hier bedeutet $E = ab$ die längs des abbildenden Büschels gemessene Entfernung der beiden Platten. Das mit ψ/φ multiplicirte Glied zeigt, um wieviel man durch Drehung der Platte P_2 den Ort der Streifen verschieben kann.[2])

1) Sirks giebt — wohl irrthümlich — den Ausdruck:

$$B = \frac{\lambda}{4n\varphi\cos\beta}.$$

2) Sirks giebt dieses Glied — wohl irrthümlich — in der Form an:

$$\frac{\psi}{\varphi}\,\frac{D\cos\alpha}{2n^2\cos^2\beta}.$$

Für den Einfallswinkel $\alpha = 45^0$ und die Constanten des Apparates $n = 1{,}516$, $D = 14{,}92$ mm, $\varphi = 1'27{,}7''$ ergiebt sich für die D-Linie ($\lambda = 0{,}000589$ mm), die Streifenbreite $B = 0{,}18$ mm und $s = 7{,}1 + 0{,}5\,E + 0{,}408\,\psi/\varphi$ (in Millimetern).

Für $\psi = 0$ finden sich folgende zusammengehörige Werthe von E und s:

E	51 mm	59 mm	75 mm
s	32,6	36,6	44,6

Eine Drehung des zweiten Spiegels um $\psi = 1^0$ würde nach der Formel den Ort der Streifen um 16,7 mm verschieben. Alle diese zahlenmässigen Beziehungen haben sich experimentell bestätigen lassen.

Die Messung geschieht in folgender Weise. In den Gang der Strahlen $c'\,d'$, $c'_1\,d'_1$ wird bei A'' das Object auf dem Objecttisch des Mikroskopes eingeführt, in dem Strahlengang $a\,b$, $a_1\,b_1$ befindet sich der Compensator C. Die Objecte sind so einzurichten, dass sie zwischen denselben Glasplatten ausser den Substanzen mit unbekannten Brechungsexponenten n noch zwei Substanzen mit den bekannten Brechungsexponenten n_1 und n_2 enthalten. Als Substanz 2 wird gewöhnlich Luft benutzt, also ist $n_2 = 1$. Zuerst wird der Compensator so eingestellt, dass der mittlere achromatische Streifen in demjenigen Theil des Gesichtsfeldes, welcher von der Luft des Objectes eingenommen wird, zwischen den parallelen Fäden des Oculars steht. Sodann wird der Compensator solange geändert, bis in der Objectsubstanz 1 der achromatische Streifen zwischen den Fäden steht, dabei seien a Streifen am Fadenkreuz vorbeigegangen. Ist die Dicke des Objectes d, so ist:

$$(n_1 - 1)\,d = a\,\lambda.$$

Wird dieselbe Operation jetzt zwischsn Luft und der zu bestimmenden Substanz mit dem Brechungsindex n wiederholt, wobei die Verschiebung b Streifen betragen möge, so ist:

$$(n - 1)\,d = b\,\lambda.$$

Also ist der gesuchte Brechungsexponent

$$n = 1 + \frac{b}{a}(n_1 - 1).$$

Anstatt die Streifen zu zählen, wozu man abwechselnd weisses und monochromatisches Licht anwenden muss, ist es bequemer, die Trommeltheile des Compensators abzulesen und aus diesen das Verhältniss b/a der Streifenverschiebung zu bestimmen. Bei einem Keilcompensator kann man statt a und b unmittelbar die am Compensator abgelesenen Verschiebungen des beweglichen Keils einsetzen.

Eine Fehlerquelle besteht darin, dass bei Objecten, deren Dispersion stark von der der Compensatorgläser abweicht, eine Wanderung der Achromasie von einem Interferenzstreifen zu dem benachbarten eintreten kann. Solche Objecte sind daher zuerst in so dünnen Schichten zu untersuchen, dass die Verschiebung der Interferenzstreifen nicht mehr als drei bis vier Streifen beträgt, wobei eine Wanderung der Achromasie nicht zu befürchten ist. Hat man durch eine solche Messung den Brechungsindex n angenähert bestimmt, so kann man die Messung bei grösserer Dicke wiederholen. Da man aus der angenäherten Bestimmung von n für diese zweite Messung den ungefähren Werth von b aus der Gleichung:

$$b = \frac{n-1}{n_1 - 1} \cdot a$$

kennt, so kann man über die ganze Anzahl der Streifenverschiebungen, welche durch die Wanderung der Achromasie geändert sein könnte, nicht mehr im Zweifel sein und daher aus der zweiten Messung den genaueren Werth von n mit Sicherheit finden.

Mitgliederliste.

Im Jahre 1898 wurden in die Gesellschaft aufgenommen die Herren:

Dr. Apt, Dr. Bremer, Prof. Dr. H. Ebert, Dr. A. Gleichen, P. Heitchen, Kiesel, Liebenow, Mensing, Dr. C. Michaelis, Nippold, Dr. A. Schulze, v. Siegsfeld, Prof. Dr. W. Uljanin und J. West.

Dagegen verlor die Gesellschaft durch Tod:

Prof. Dr. P. Glan und Prof. H. W. Vogel.

Am Ende des Jahres 1898 waren Mitglieder der Gesellschaft:

Hr. Dr. M. Abraham*), W., Bülowstrasse 92.
— Prof. Dr. Adami in Bayreuth.
— Dr. M. Altschul, N., Brunnenstrasse 109.
— Prof. K. Ångström, Upsala.
— Dr. Apt, NW, Altmoabit 123.
— F. S. Archenhold, Treptow bei Berlin, Sternwarte.
— Prof. Dr. H. Aron, W., Lichtensteinallee 3a.
— Dr. L. Arons, SW., Königgrätzerstrasse 109.
— Dr. E. Aschkinass, W., Kurfürstendamm 22.
— Prof. Dr. R. Assmann, C., An der Schleuse 5.
— Dr. E. van Aubel, Brüssel, Rue de Comines 12.
— Prof. Dr. Avenarius, Kiew.
— O. Baschin, W., Schinkelplatz 6.
— Frhr. v. Beaulieu, Cassel.
— Dr. U. Behn, NW., Reichstagsufer 7/8.
— Dr. W. Bein, W., Schaperstr. 36.
— Prof. Dr. P. Benoit, W., Neue Winterfeldstr. 54.
— A. Berberich, SW., Lindenstr. 91.
— Dr. G. Berthold, Ronsdorf.
— Prof. Dr. W. v. Bezold, W., Lützowstrasse 72.
— Prof. Dr. E. Blasius, Charlottenburg, Knesebeckstrasse 96.
— A. Blümel, SO., Melchiorstr. 22.
— H. Boas, SW., Dessauerstr. 38.
— Prof. Dr. R. Börnstein, Deutsch-Wilmersdorf bei Berlin, Lieckstrasse 10.
— Prof. Dr. H. Böttger, NW., Lessingstrasse 10.
— Prof. Dr. H. du Bois, NW., Schiffbauerdamm 21.
— A. du Bois-Reymond, Westend bei Berlin, Ahornallee 42.
— Prof. Dr. L. Boltzmann, Wien IX, Türkenstrasse 3.
— Prof. Dr. F. Braun, Strassburg.
— Dr. Bremer, NW., Schleswiger Ufer 16.
— Prof. Dr. A. Brill, Tübingen.

Hr. Dr. W. Brix, Charlottenburg, Berliner Strasse 13/14.
— Dr. W. Brix jun., W., Friedrich Wilhelmstrasse 9.
— Prof. Dr. E. Brodhun, Col. Grunewald, Hubertusbaderstrasse 22.
— Dr. C. Brodmann, NW., Cuxhavenerstrasse 15.
— Telegraphendir. Brunner, Wien.
— Prof. Dr. Bruns, Leipzig, Stephanstrasse 3.
— Prof. Dr. E. Budde, NW., Alt-Moabit 89.
— Prof. Dr. F. Burckhardt, Basel.
— Dr. R. Burg, Charlottenburg, Goethestrasse 8.
— Dr. F. Caspary, W., Rankestrasse 3.
— Prof. Dr. E. B. Christoffel, Strassburg i. E.
— Prof. Dr. O. Chwolson, St. Petersburg, Was. Ostr. 6, Linie Nr. 29 Qu. 3.
— Dr. A. Coehn, Göttingen, Obere Karspüle 16a.
— Dr. Dehms, Potsdam.
— Prof. Dr. C. Dieterici, Hannover.
— Prof. Dr. Dietrich, Stuttgart.
— Prof. Dr. E. Dorn, Halle a. S., Paradeplatz 7.
— Prof. Dr. P. Drude, Leipzig, Marschnerstrasse 3.
— Dr. E. v. Drygalski, W., Kurfürstenstrasse 40.
— Dr. A. Ebeling, W., Würzburgerstrasse 20.
— Prof. Dr. H. Ebert, München, Techn. Hochschule.
— Dr. Edler, Potsdam, Leipzigerstrasse 8a.
— Prof. Dr. J. Elster, Wolfenbüttel.
— F. Ernecke, SW., Königgrätzerstrasse 112.
— Prof. Dr. M. Eschenhagen, Potsdam, Magnet. Observatorium.
— Dr. C. Färber, SO., Elisabethufer 41.
— Dr. Felgenträger, Potsdam.
— Prof. Dr. K. Feussner, Charlottenburg, Leibnitzstrasse 1.

*) Berlin ist in dem Verzeichniss weggelassen.

Hr. Prof. Dr. A. Fick, Würzburg.
— Prof. Dr. R. Finkener, W., Burggrafenstrasse 2a.
— Dr. K. Fischer, SW., Puttkamerstrasse 10.
— Dr. A. Franke, SW., Hagelsbergerstrasse 23.
— Dr. G. Freund, NW., Unter den Linden 69.
— Prof. Dr. O. Frölich, Steglitz, Hohenzollernstrasse 5.
— Prof. Dr. Fromme, Giessen.
— Prof. Dr. L. Fuchs, W., Rankestrasse 14.
— R. Fuess, Steglitz, Düntherstr. 8.
— Prof. Dr. J. Gad, Prag.
— Dr. A. Galle, Potsdam, Geodät. Institut.
— Prof. H. Geitel, Wolfenbüttel.
— Dr. H. Gerstmann, Charlottenburg, Uhlandstrasse 178.
— Dr. W. Giese, W., Bülowstr. 80.
— Dr. A. Gleichen, SW., Lichterfelderstrasse 4.
— Prof. Dr. E. Goldstein, W., Motzstrasse 66.
— Prof. Dr. D. Goldhammer, Kasan.
— Prof. Dr. L. Grätz, München, Arcisstrasse 8.
— Dr. Th. Gross, Westend bei Berlin, Spandauerberg 23.
— Prof. Dr. P. Groth, München XI.
— Prof. Dr. Grotrian, Aachen.
— Prof. Dr. L. Grunmach, W., Lutherstrasse 15.
— Prof. Dr. G. Gruss, Prag, Böhmische Sternwarte.
— Prof. Dr. S. Günther, München.
— Prof. Dr. P. Güssfeldt, NW., Beethovenstrasse 1.
— Prof. Dr. E. Gumlich, Charlottenburg, Schlüterstrasse 71.
— Dr. L. Hacker, Gross-Lichterfelde, Potsdamerstrasse 52.
— Wilh. Hänsch, S., Gitschinerstrasse 82.
— Dr. E. Häntzschel, W., Gleditschstrasse 43.
— Prof. Dr. E. Hagen, Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff, Basel.
— H. Hahn, Kolonie Grunewald, Königsallee 6.
— Prof. Dr. Hammerl, Innsbruck.
— G. Hansemann, W., Maassenstrasse 29.
— Prof. Dr. G. Hauck, W., Bülowstrasse 6.
— Dr. B. Hecht, Königsberg i. Pr.
— Dr. Hecker, Potsdam, Geodät. Institut.

Hr. Dr. F. v. Hefner-Alteneck, W., Hildebrand'sche Privatstrasse 9.
— P. Heitchen, Charlottenburg, Wilmersdorferstrasse 127.
— Prof. Dr. G. Hellmann, W., Margarethenstrasse 2/3.
— Prof. Dr. K. Hensel, W., Kurfürstendamm 116.
— Prof. Dr. A. Heydweiller, Breslau, Moritzstrasse 7.
— Prof. Dr. J. Hirschwald, Charlottenburg, Hardenbergstr. 9.
— Prof. J. H. van't Hoff, Charlottenburg, Uhlandstrasse 2.
— Dr. H. Hohnhorst, SW., Belle-alliancestrasse 80.
— Prof. Dr. L. Holborn, Charlottenburg, Schlossstrasse 3.
— Dr. K. Hollefreund, S., Alexandrinenstrasse 36.
— Prof. Dr. R. Hoppe, S., Prinzenstrasse 69.
— Dr. W. Howe, Westend bei Berlin, Kastanienallee 4.
— Prof. Hurmuzescu, Jassy.
— Prof. Dr. Hutt, Bernburg.
— Prof. Dr. W. Jaeger, Charlottenburg, Goethestrasse 16.
— Dr. E. Jahnke, Wilmersdorf, Pariserstrasse 55.
— Dr. K. Kahle, Charlottenburg, Lietzow 11.
— Prof. Dr. S. Kalischer, W., Ansbacherstrasse 14.
— Prof. Dr. G. Karsten, Kiel.
— Dr. C. Kassner, SW., Hallesche Strasse 20.
— Dr. W. Kaufmann, W., Magdeburgerstrasse 20.
— Prof. Dr. H. Kayser, Bonn.
— Prof. Dr. E. Ketteler, Münster i. W.
— Kiesel, SW., Skalitzerstrasse 2.
— Prof. Dr. J. Kiessling, Hamburg.
— O. Kiewel, W., Schinkelplatz 6.
— Dr. L. v. Klecki, Krakau, Karmelickastrasse 44.
— Prof. Dr. F. Klein, Göttingen.
— Prof. Dr. A. König, NW., Flemmingstrasse 1.
— Prof. Dr. W. König, Frankfurt a. M., Adlerflychtstrasse 11.
— Dr. A. Köpsel, Zürich.
— Prof. Dr. F. Kötter, S., Annenstrasse 1.
— Prof. Dr. M. Koppe, O., Königsbergerstrasse 16.
— Prof. Dr. F. Kohlrausch, Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Prof. Dr. W. Kohlrausch, Hannover.

Hr. Prof. Dr. G. Krech, S., Brandenburgstrasse 43.
— Prof. Dr. V. Kremser, NW., Spenerstrasse 34.
— Dr. O. Krigar-Menzel, W., Siegismundstrasse 3.
— Prof. Dr. H. Kronecker, Bern.
— Dr. Kühnen, Potsdam, Geodät. Institut.
— Dr. F. Kurlbaum, W., Kurfürstendamm 31.
— Prof. Dr. E. Lampe, W., Kurfürstenstrasse 139.
— Prof. Dr. H. Landolt, NW., Albrechtstrasse 14.
— Prof. Dr. C. Lange, W., Lutherstrasse 47.
— Prof. Dr. J. Lange, SW., Möckernstrasse 85.
— Dr. E. Less, NW., Albrechtstr. 23.
— Dr. L. Levy, W., Blumenthalstrasse 17.
— Prof. Dr. Liebisch, Göttingen.
— Liebenow, W., Potsdamerst. 83 B.
— Prof. Dr. O. Liebreich, NW., Neustädtische Kirchstrasse 9.
— Dr. St. Lindeck in Charlottenburg, Goethestrasse 68.
— Prof. Dr. E. Loew, SW., Grossbeerenstrasse 67.
— Prof. Dr. E. v. Lommel, München, Kaiserstrasse 10 1/2.
— Prof. Dr. H. A. Lorentz, Leyden.
— Prof. Dr. G. Lübeck, N., Prenzlauer Allee 2.
— Prof. Dr. O. Lummer in Charlottenburg, Marchstrasse 25.
— Dr. A. Mahlke, Sudenburg-Magdeburg.
— Dr. F. F. Martens, S., Stallschreiberstrasse 4.
— A. Meiner, Leipzig, Rossplatz 17.
— Dr. G. Melander, Helsingfors.
— Mensing, W., Kurfürstenstr. 99.
— Dr. Ernst Meyer, Breslau, Vorwerk 10.
— Prof. Dr. G. Meyer, Freiburg i. B., Ludwigstr. 6.
— Prof. Dr. O. E. Meyer, Breslau, Schuhbrücke.
— Dr. W. Meyer, W., Rankestr. 23.
— Dr. C. Michaelis Potsdam, Schützenplatz 1 b.
— Dr. C. Michaelis, SO., Mariannenstrasse 47.
— Dr. P. Micke, W., Kleiststr. 15.
— Dr. James Moser, Wien.
— Dr. R. Müller, SW., Zossenerstrasse 39.
— Dr. W. Müller-Erzbach, Bremen.
— Prof. Dr. A. Müttrich, Ebers-

Hr. Prof. Dr. H. Munk, W., Matthäikirchstrasse 4.
— Dr. R. Nahrwold, SW., Planufer 31.
— Prof. Dr. F. Neesen, W., Zietenstrasse 6 c.
— Prof. Dr. W. Nernst Göttingen, Hertzb. Chaussee 13.
— Prof. Neubert Dresden.
— Prof. Dr. C. Neumann Leipzig, Querstrasse 10/12.
— Major Nieber, Metz.
— Nippolt, Potsdam, Meteorol.-magnet. Observatorium.
— Prof. Dr. A. Oberbeck, Tübingen.
— Prof. Dr. A. v. Oettingen, Leipzig, Mozartstrasse 1.
— Prof. Dr. A. Paalzow, W., Wilhelmstrasse 50.
— Prof. Dr. J. Pernet, Zürich-Hottingen, Hofstrasse 84.
— Prof. Dr. L. Pfaundler, Graz.
— Dr. J. Picker, Bensberg.
— Prof. Raoul Pictet, Paris, Rue Jean Goujon 37.
— Prof. Dr. M. Planck, W., Tauenzienstrasse 18 a.
— Prof. Dr. L. Pochhammer, Kiel.
— Prof. Dr. F. Pockels Dresden.
— Prof. Dr. F. Poske, SW., Halleschestrasse 21.
— Prof. Dr. E. Pringsheim, NW., Flensburgerstrasse 14.
— Dr. K. Prytz Kopenhagen, Falkoneergaardsvej 12.
— Prof. Dr. G. Quincke Heidelberg, Friedrichsbau.
— Dr. R. Radau Paris.
— Dr. A. Raps, SW., Yorkstr. 66.
— Prof. Dr. Recknagel Augsburg.
— Prof. Dr. O. Reichel Charlottenburg, Bismarckstr. 126.
— Dr. W. Reiss, Schloss Könitz (Thüringen).
— Renisch, Essen.
— Prof. Dr. F. Richarz Greifswald.
— Dr. E. Richter, Charlottenburg, Knesebeckstrasse 90.
— Prof. Dr. E. Riecke, Göttingen.
— Dr. R. Ritter, München.
— Dr. M. v. Rohr, Jena.
— Dr. H. Rohrbeck, NW., Karlst. 24.
— Prof Dr. O. Rosenbach, W., Victoriastrasse 20.
— Prof. Dr. J. Rosenthal, Erlangen.
— Director Dr. F. Roth, Leipzig, Universitätstrasse 26.
— Prof. Dr. H. Rubens, W., Ansbacherstrasse 13.
— Prof. Dr. Fr. Rüdorff, Charlottenburg, Marchstrasse 7 e.

Hr. Prof. Dr. C. Runge, Hannover.
— Prof. Dr. Saalschütz, Königsberg in Pr.
— Dr. K. Scheel, Dtsch. Wilmersdorf bei Berlin, Güntzelstr. 43.
— Prof. Dr. J. Scheiner, Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Dr. R. Schelske, NW., Beethovenstrasse 3.
— Dr. Schenk, N., Strassburgerstrasse 2.
— Prof. Dr. K. Schering, Darmstadt Hoffmannstrassse 48.
— M. Schlegel, W., Bellevuestr. 15.
— Dr. A. Schmidt, Gotha.
— Dr. Erich Schmidt, W., Passauerstrasse 39.
— Dr. Schönach Innsbruck.
— Dr. O. Schönrock, NW., Jagowstrasse 10.
— Prof. Dr. J. Scholz, NW., Klopstockstrasse 1.
— Prof. Dr. P. Scholz, Steglitz, Fichtestr. 34.
— Dr. R. Scholz, Charlottenburg, Kantstrasse 147, Gartenhaus.
— Prof. F. Schotte, SW., Grossbeerenstrasse 27a.
— Dr. P. Schottländer, Charlottenburg, Göthestrasse 87.
— Dr. Schülke Osterode O./Pr.
— Dr. A. Schulze, N., Invalidenstrasse 43.
— Reg. R. Dr. Franz Schütt, W., Kleiststrasse 31.
— Prof. Dr. B. Schwalbe, NW., Georgenstrasse 30/31.
— Dr. G. Schwalbe, Potsdam, Meteor.-magnet. Observatorium.
— R. Seebold, W., Landgrafenstrasse 16.
— Frhr. v. Seherr-Thoss, W., Hohenzollernstrasse 11.
— Dr. G. Sieben in Gross-Lichterfelde, Sternstr. 9.
— Dr. Siebert, Gross-Lichterfelde, Potsdamerstrasse 61.
— Ober-Leutnant v. Siegsfeld, Schöneberg, Herbertstrasse 2.
— Wilh. v. Siemens, W., Thiergartenstrasse 10.
— Dr. Silberstein, Lemberg.
— Prof. Dr. P. Silow, Warschau.
— Prof. Dr. W. Sklarek, W., Lützowstrasse 63.
— Prof. Dr. A. Slaby, Charlottenburg, Sophienstrasse 4.
— Dr. P. Spies, Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. A. Sprung, Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.

Hr. Dr. K. Strecker, W., Keithstrasse 20.
— Prof. Dr. V. Strouhal, Prag, Clementinum.
— Dr. R. Süring, Potsdam, Meteorol.-magnet. Observat.
— B. Tepelmann, Braunschweig.
— Prof. Dr. M. Thiesen, Friedrichshagen, Ahornalle 10.
— Dr. B. v. Tietzen-Hennig, Posen.
— Prof. H. Thurein, N., Chausseestrasse 40.
— Prof. Dr. W. Uljanin, Kasan.
— Dr. Fr. Vettin, SW., Bernburgerstrasse 24.
— Prof. Dr. R. Virchow, W., Schellingstrasse 10.
— Prof. Dr. H. C. Vogel Potsdam, Astrophysik. Observat.
— Prof. Dr. P. Volkmann Königsberg i. Pr. Tragheim, Kirchenstrasse 11.
— Prof. Dr. R. Wachsmuth, Rostock, Friedrich-Franz Strasse 37a.
— Prof. Dr. A. Wangerin Halle a. S., Burgstrasse 27.
— Prof. Dr. E. Warburg, NW., Neue Wilhelmstrasse 16.
— Dr. C. L. Weber, SW., Yorkstrasse 9.
— Prof. Dr. H F. Weber, Zürich.
— Prof. Dr. L. Weber Kiel.
— Prof. Dr. W. Wedding, Gross-Lichterfelde, Wilhelmstr. 2.
— Prof. Dr. J. Weingarten, W., Regentenstrasse 14.
— Prof. Dr. B. Weinstein, S., Urbanstrasse 1.
— Dr. K. Wesendonck, W., Wilhelmstrasse 66.
— J. West, N., Monbijouplatz 3.
— Prof. H. F. Wiebe, Charlottenburg, Leibnitzstrasse 78a.
— Prof. Dr. E. Wiechert, Göttingen.
— Prof. Dr. G. Wiedemann Leipzig, Thalstrasse 35.
— Prof. Dr. E. Wiedemann, Erlangen.
— Dr. M. Wien, Würzburg. Pleicher Ring 8.
— Prof. Dr. W. Wien, Aachen.
— Prof. Dr. O. Wiener, Giessen.
— Prof. Dr. J. Wilsing Potsdam, Astrophysikal. Observatorium.
— Prof. Dr. W. Wolff, Charlottenburg, Uhlandstrasse 188.
— Prof. Dr. A. Wüllner Aachen.
— R. Wurtzel, NW., Philippstr. 6.
— Prof. Dr. W. v. Zahn, Leipzig-Plagwitz, Carl-Heinestrasse 38.

Alphabetisches Namenregister

zu den

Verhandlungen

der

Physikalischen Gesellschaft zu Berlin

Jahrgang 1 bis 17 (1882 bis 1898)

Im Auftrage der Gesellschaft herausgegeben

von

Karl Scheel

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904



Vorwort.

Die „Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin“ bilden den Vorläufer zu den seit 1899 als selbständige Zeitschrift erscheinenden „Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft“. Sie haben während der 17 Jahre ihres Bestehens ein überaus wechselndes Dasein geführt. Während die ersten vier Jahrgänge und ein Teil des fünften sich eng an die „Fortschritte der Physik“ anschlossen, wurden die nächsten Jahrgänge bis zum zehnten einschließlich für die Mitglieder der Gesellschaft besonders gedruckt und ausgegeben. Mit Beginn des 11. Jahrganges, bei Übergang in den Verlag von Johann Ambrosius Barth in Leipzig, wurden alsdann die „Verhandlungen“ ein Teil von Wiedemanns Annalen, denen sie als Beilage beigeheftet wurden. Aber auch diese Verknüpfung hatte keinen langen Bestand und so lösten sich schon nach kurzer Zeit die Verhandlungen wieder von den Annalen ab, um nunmehr als selbständige, im Wege des Buchhandels erhältliche Zeitschrift weiter fortzubestehen.

Es liegt in der Natur der Sache, daß unter diesen Umständen die ganze Serie der „Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin“ nur noch in wenigen Exemplaren existiert. Das ist um so mehr zu bedauern, als in den „Verhandlungen“ manche Mitteilung vergraben liegt, welche später der Ausgangspunkt für große Fortschritte in der physikalischen Forschung,

*

wie in der Technik wurde. Solche Mitteilungen der Verg
heit zu entreißen, ist der Zweck des vorliegenden alphabeti
Namenregisters für die ganze erste Serie der „Verhandlu
mit dessen Herstellung der unterzeichnete Herausgeber
Vorstande der Deutschen Physikalischen Gesellschaft b
wurde.

Wilmersdorf bei Berlin, im März 1904.

Karl Schee

Verhandlungen
der
Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.

Band	Jahreszahl	Umfang	Redakteur	Verlag
1	1882	IV u. 112 S.	Nicht genannt	Georg Reimer, Berlin
2	1883	IV u. 74 S.	F. NEESEN	Georg Reimer, Berlin
3	1884	IV u. 67 S.	F. NEESEN	Georg Reimer, Berlin
4	1885	IV u. 93 S.	F. NEESEN	Georg Reimer, Berlin
5	1886	VII u. 140 S.	E. ROSOCHATIUS	Georg Reimer, Berlin
6	1887	V u. 154 S.	E. ROSOCHATIUS	Georg Reimer, Berlin
7	1888	V u. 107 S.	E. ROSOCHATIUS und A. KÖNIG	Georg Reimer, Berlin
8	1889	IV u. 115 S.	ARTHUR KÖNIG	Georg Reimer, Berlin
9	1890	IV u. 130 S.	ARTHUR KÖNIG	Georg Reimer, Berlin
10	1891	IV u. 120 S.	ARTHUR KÖNIG	Georg Reimer, Berlin
11	1892	IV u. 96 S.	ARTHUR KÖNIG	Joh. Ambr. Barth, Leipzig
12	1893	IV u. 54 S.	ARTHUR KÖNIG	Joh. Ambr. Barth, Leipzig
13	1894	IV u. 116 S.	ARTHUR KÖNIG	Joh. Ambr. Barth, Leipzig
14	1895	IV u. 100 S.	ARTHUR KÖNIG	Joh. Ambr. Barth, Leipzig
15	1896	IV u. 138 S.	ARTHUR KÖNIG	Joh. Ambr. Barth, Leipzig
16	1897	IV u. 186 S.	ARTHUR KÖNIG	Joh. Ambr. Barth, Leipzig
17	1898	VI u. 160 S.	ARTHUR KÖNIG	Joh. Ambr. Barth, Leipzig

Alphabetisches Namenregister

zu

Jahrgang 1 bis 17 (1882 bis 1898)

der

Verhandlungen der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin*).

A.

---

*) Die fettgedruckte Zahl gibt den Jahrgang an, die in Klammern bzw. ohne Klammern stehenden Zahlen weisen auf die Seiten innerhalb des genannten Jahrganges hin, auf denen ein kürzerer oder längerer Bericht über die betr. Mitteilung abgedruckt ist.

B.



C.

D.

E.

F.

G.

H.

J.

K.

L.

O.

P.

R.

S.

T.

U.

V.

Z.

